

先锋派 实验音乐

基于算法的频谱作曲技法研究

之涅槃

吴粤北 著

by Wu Yuebei

REBORN OF THE
AVANT-GARDE MUSIC
A STUDY ON
SPECTRAL
COMPOSITION BASED
ON PATCHWORK



上海音乐学院出版社

先锋派 实验音乐

基于算法的频谱作曲技法研究

之涅槃

吴粤北 著

by Wu Yuebei

REBORN OF THE
AVANT-GARDE MUSIC
STUDY ON
SPECTRAL
COMPOSITION BASED
ON PATCHWORK



上海音乐学院出版社

图书在版编目(CIP)数据

先锋派实验音乐之涅槃:基于算法的频谱作曲技法研究/

吴粤北著. - 上海:上海音乐学院出版社,2011.4

ISBN 978-7-80692-621-5

I. ①先… II. ①吴… III. ①作曲法-研究 IV. ①J614.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 053208 号

书 名: 先锋派实验音乐之涅槃

——基于算法的频谱作曲技法研究

著 者: 吴粤北

责任编辑: 鲍 晟

封面设计: 梁业礼

出版发行: 上海音乐学院出版社

地 址: 上海市汾阳路 20 号

印 刷: 江苏省南通印刷总厂有限公司

开 本: 718 × 1000 1/16

字 数: 120 千字

印 张: 12

印 数: 1-1,300 册

版 次: 2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80692-621-5/J.595

定 价: 32.00 元

本社图书可通过中国音乐学网站 <http://musicology.cn> 购买

摘 要

这是一篇有关频谱作曲技法研究的学术专著。它从作曲算法与算法作曲的阐述入手,以频谱学派的音响生态学探究为基本出发点,对频谱作曲技术进行了深入地研究和解析;对基于 OpenMusic 拼图算法平台进行了实证推演;并对于两位最具国际影响力的法国频谱作曲学派创始人热拉尔·格里赛(Gerard Grisey, 1946—1998)、特里斯坦·米哈伊(Tristan Murail, 1947—)的四部最具代表性的作品从材料、结构、音乐、音响四个方面进行了较为全面的探索、推理和验证性分析;在此基础之上,阐述了常规作曲技术与作曲算法的对应关系和实现手段,发现了音响表现形态和结构力的基本成因,指出了频谱学派在回归理性、崇尚科学的同时,又以后现代派的实用主义与“类科学”的态度对所谓音响的物理属性进行平面图解、交叉映射和文本转换,以获取新的音乐材料与结构力。

本文对现代派、先锋派、后现代风格与频谱学派的发展脉络、相互关系和美学追问等方面进行了一般性的推演和归纳。对频谱学派在三十多年来的当代新音乐发展进程中所扮演的角色,和其为使现代音乐在保持其艺术开拓性的同时所采取的折中策略,以及算法作曲的逻辑思维对艺术创新带来的促进与制约等方面阐述了个人观点。本文还试图寻找算法作曲与常规作曲思维间的摩擦力之根源,以及如何有效地摆脱这些阻力,使之转化为强大推动力之可能性,由此推导出计算机辅助作曲的拟人化推进的必要性与可行性结论。

关键词: 频谱音乐、计算机作曲、先锋派、后现代、拼图、算法

Abstract

Reborn of the Avant-garde Music, A Study on Spectral Composition based on Patchwork is the thesis proceeded with concise definition on composing algorithm and algorithm composition, discussing the Spectral School, which is the most significant genre in the computer-aid composition domain since 1970's. It deeply researched the technology of Spectra Composition starting from the point of the basic physical properties of sound. On one hand, exemplifications were taken on the OpenMusic Patchwork platform. It explored, ratiocinated and experimentally analyzed the aspects over material, structure, music and sound for four representative works by two outstanding composers from France, Gerard Grisey (1946—1998) and Tristan Murail (1947—). On the other hand, based on mentioned above, it not only clarified the relationship between the general composing skills and composing algorithm, but also found out the basic factors of sound performing configuration and structural capacity. It also pointed out that the Spectral School is becoming the advocator of sense and science, holding the attitude of pragmatism and “alternative science” to have so-called physical properties of sound illustrated, mapped and text transformed.

In addition, the dissertation generally concluded the developments, connections and aesthetics among the Modernism, Avant-garde, Post-modernism and Spectral School. It announced the author's original opinions about the role of Spectral School, its compromise strategy for maintaining the art trailblazing and restricts brought by algorithm logics to artistic innovation over the period of more than 30 years' development of the contemporary music. The dissertation finally gave a conclusion about the necessity and feasibility of the personating process of computer-aided composition, by finding out the think-

ing conflicts existing between algorithm composition and traditional composition, and the ways linked to both.

Keywords: Spectral-music, Computer Composition, Avant-garde, Patchwork, Algorithm, OpenMusic

目 录

摘要	1
前奏	1
1. 背景与选题	1
2. 语境与范畴	2
3. 研究与实践	3
第一章 作曲算法与算法作曲	7
1.1 作曲算法	8
1.1.1 何谓算法	9
1.1.2 何谓作曲算法	9
1.1.3 算法与作曲技法的映射	10
1.1.4 小结	11
1.2 算法作曲	11
1.2.1 何谓算法作曲	11
1.2.2 常见的算法作曲方法	11
1.2.3 自动生成与手工作业	12
1.2.4 小结	13
1.3 基于算法的频谱作曲	13
1.3.1 谱的定义	13
1.3.2 频谱作曲	14
1.3.3 频谱学派	14

1.3.4	基本理念	14
1.3.5	基于算法拼图的辅助作曲程序	16
1.3.6	小结	18
第二章	频谱算法之解构	19
2.1	记谱法	20
2.1.1	传统记谱法	21
2.1.2	声谱图	21
2.1.3	MIDI 图谱	24
2.1.4	分音图谱	24
2.1.5	噪声图谱	25
2.1.6	曲式模型图谱	27
2.1.7	微分音	28
2.1.8	混合记谱法	29
2.1.9	小结	31
2.2	音高材料来源	32
2.2.1	谐音频谱	32
2.2.2	合成频谱	37
2.2.3	非谐音频谱	40
2.2.4	音色和声	42
2.2.5	虚拟基音	51
2.2.6	插值渐变和声	53
2.2.7	图形控制的音高材料	56
2.2.8	自定义音高材料	57
2.2.9	小结	59
2.3	节奏材料来源	60
2.3.1	自定义节奏节拍	60
2.3.2	精确的时间线与量化节拍	62
2.3.3	变速率节奏	65
2.3.4	节奏的动机化及其展开	65
2.3.5	插值节奏	67

2.3.6	频域与时域映射的节奏	68
2.3.7	微复调对位节奏	71
2.3.8	小结	73
2.4	音频分析与处理	73
2.4.1	音频文件与处理	73
2.4.2	频谱分析	77
2.4.3	声音诊疗	79
2.4.4	声音合成	85
2.4.5	波形与 MIDI 混合处理	88
2.4.6	小结	90
2.5	音乐结构搭建	90
2.5.1	解构的泛音列	90
2.5.2	曲式结构设计模型	92
2.5.3	序列主义技法	94
2.5.4	音级集合分析	98
2.5.5	小结	101
第三章	频谱作曲之结构	103
3.1	格里赛《分音》的创作分析	103
3.1.1	材料分析	103
3.1.2	结构分析	107
3.1.3	音乐分析	108
3.1.4	音响分析	112
3.1.5	小结	114
3.2	格里赛《调制》的创作分析	114
3.2.1	材料分析	114
3.2.2	结构分析	118
3.2.3	音乐分析	118
3.2.4	音响分析	120
3.2.5	小结	121
3.3	米哈伊《裂变》的创作分析	121

3.3.1	材料分析	121
3.3.2	结构分析	122
3.3.3	音乐分析	123
3.3.4	音响分析	128
3.3.5	小结	130
3.4	米哈伊《以太》的创作分析	130
3.4.1	材料分析	131
3.4.2	结构分析	132
3.4.3	音乐分析	133
3.4.4	音响分析	135
3.4.5	小结	137
第四章	先锋派与后现代之桥梁	139
4.1	现代派与后现代派的纠葛	139
4.2	频谱学派是折中的产物	142
4.3	先锋派的逝去与重生	149
尾声		153
1.	人主宰计算机的情感	153
2.	计算机协助人的动作	154
3.	培养创新人才需要知识更新	157
结语		159
1.	考察了算法与作曲的关系	159
2.	比对了频谱与乐谱的映射	159
3.	讨论了时间与空间的同构	159
4.	论证了电子与音乐的类比	160
5.	解析了材料与结构的拼图	160
6.	触发了人文与科技的谐波	160
7.	阐释了先锋派与频谱学派的承传	160

附录 OpenMusic 重要算法概念释疑	163
1. 拼图(Patches)	163
2. 内嵌帮助文件	164
3. 工具包(Packages)	165
4. 全局类数据(Globals)	167
5. 数据类型(Data Types)	167
6. 节奏树(Rhythm Tree)	167
7. 节奏树的结构	167
8. 函数(Function)	169
9. 函数与方法(Function and Method)	169
10. 类、样类、工厂(Class, Instances and Factories)	169
11. 类定义(Class Definitions)	169
12. 插槽(Slots)	170
13. 工厂和样类(Factories and Instances)	170
14. 输入口和输出口(Ins and Outs)	170
15. 继承(Inheritance)	171
16. 模型包(Maquettes)	172
17. 可接受的类型	172
18. 在模型中添加对象	173
19. 模型框架	173
参考文献	175
后记	179

前 奏

爱因斯坦(Albert Einstein)曾经说过:“假如我不是一个物理学家,我很可能会成为音乐家,我时常在音乐中思考,我活在我的音乐白日梦里。我已看到,音乐将是我生命中的一个界标。”

看来,物理学家与音乐家真的仅一墙之隔。只要打开一扇窗,就可以聊天对话;打开一扇门,就可以穿梭往返。“频谱”本属于物理的范畴,要用严密的科学态度来对待;而“音乐”则属于艺术的范畴,需要有天赋和极好的想象力来创造。我时常在想,无论是爱迪生、爱因斯坦,还是杨振宁博士,他们如果缺少了艺术的想象力,还会在科学界获得如此成功吗?答案在他们自己那里似乎早有定论。

1. 背景与选题

与西方音乐文化的发展并不完全同步,中国 20 世纪 80 年代改革开放以后才开始大规模地接触和学习西方现代技术和文化艺术,出现了所谓“新潮音乐”。这是由国内各大音乐院校为中心的一部分年轻作曲学生和极少的中年作曲家引领,而掀起的一场史无前例的学习西方音乐文化的热潮。一方面补上现代派音乐这一课,即便它在当时就已经过时了,但出于好奇心也要了解个究竟;另一方面,由于那时的作曲家,特别是理论作曲专业的学生基本上都是“文革”的见证人,甚至是参与者,他们的世界观和文化观相对成熟和稳定,在学习并借鉴西方现代作曲技法的同时,自然地或有意识地加入了与生俱来的本土文化元素于作品之中,有效地抵抗或阻碍了音乐风格的全盘西化。

20 世纪 80 年代初,中国晚于西方至少二十年的时间进入信息时代,计算机作曲开始进入中国。它是伴随着电子计算机技术和通讯技术高度发展而产生

的一种新的作曲方式,但它仍与传统的即兴演奏、作曲和早期电子音乐有着紧密的联系。广义的计算机作曲可以是完全按照传统作曲技术进行辅助设计,也可以是由算法自动生成的传统演奏媒介或电子演奏媒介的音乐或乐谱。而随着计算机信息处理、运算和存储能力的不断增强,以及部分电子音乐家受表演欲望的驱使,不再满足完全在实验室中“制造音乐”,渴望观众的激励反馈和肯定,于是将创作的中心转向“现场音乐”(Live music)。90年代初,人与计算机交互式的作曲技术开始越来越多地被运用到现场电子音乐会之中,逐步取代了早期实验室制作的缺乏鲜活感的磁带拼贴或电子合成的电子音乐(Electro-acoustic music)。

基于计算机算法的作曲形式是一种将作曲家的一般性艺术创作思维、算法的严密逻辑与信息时代的 MIDI、数字音频技术相结合的,辅助、合成现场表演与实时制作的整体性、综合性的交互式音乐创作的崭新形式。这一形式在中国的应用才刚刚起步,对它的研究归属于交叉性学科范畴,是当前世界电子音乐作曲与计算机拟人化研究进程中一个非常重要的课题,无论对音乐院校的作曲、电子音乐和音乐科技等专业的教学,还是其他人文或理工农医学科的学生自学都有着很强的理论意义、现实意义、实用意义和指导意义。本文通过对 20 世纪 70 年代开始并延续至今的、仍处于不断进化过程之中的频谱学派发展脉络的考察,主要对其基于算法的作曲技法进行系统地技术剖析、挖掘和推导,阐明了其在音乐史、音乐美学上的影响、意义及地位;并为培养高级作曲人才而归纳总结出一个可供参照、线索清晰、深入浅出、易于掌握的计算机算法作曲技术。

2. 语境与范畴

“先锋派实验音乐”主要指 20 世纪上半叶的结构主义、表现主义或序列主义、音响实验派和早期纯电子音乐。这类音乐的思维逻辑过于严谨,以至于作曲家无法自如掌控;而 20 世纪中后期开始出现的后现代派,其思维又过于随机偶然,直至作曲家完全放弃掌控。两者的出发点虽然南辕北辙,但在地球的另一端却又不期而遇,音乐的听觉结果殊途同归,并无二致,都属于无调性音乐或音响性音乐的范畴,与传统的调性音乐相对立。多数听众分辨不出这两类音乐之间的细微差别,更不知道作曲家们的信仰和理念之间的冲突所在,故常常将他们统称为现代派或先锋派(Avant-garde)。

20 世纪,先锋派的发展经历了“诞生—成熟—式微”的生命过程。19 世纪

末、20 世纪初,从印象派、新古典主义、序列主义,到实验主义、新浪漫主义、电子音乐,差不多经历了六十多年的发展历程;随后,被后现代主义的偶然音乐、简约主义、概念音乐、计算机音乐、交互式与混合音乐所取代;但同时又被爵士、摇滚、重金属、电子舞曲等流行音乐所影响或渗透。70 年代末,欧美严肃音乐中的极端先锋派已经开始淡出主流音乐的视线,后现代主义粉墨登场。其中有一部分原本坚持常规声学乐器实验性音乐或纯电子合成音乐的先锋派作曲家开始转向实用主义,在音响美学上走折中路线,在作曲技法上走科技路线,演变成为频谱学派——这是一种在 20 世纪后半叶为数极少的可被称为“学派”的音乐风格。

“涅槃”是梵语 nirvāṇa 的音译,在佛教中有数十种解释,有些还有相悖的结论,但大多数的解释为“灭度”、“寂灭”、“圆寂”等,即佛境中去除了生死轮回的死去;或指脱离一切烦恼,绝地重生,进入了不生不灭、自由无碍的宁静世界。本文主要取后者释义,与佛教并无直接关系。

3. 研究与实践

爱因斯坦说过:“经验不能单从经验中得出,而只能从理智的发明同观察到的事实两者的比较中得出。”本课题与自然科学的研究方法相类似,既要对各种声学物理、计算机应用中的逻辑、算法进行大胆假设、严密推导、谨慎求证;又从艺术学科的角度,结合音乐作品艺术性分析方法,对有代表性的当代频谱学派的几部代表作品进行深入剖析、主观评价、凝练归纳;最后还需站在理论的高度,从哲学、美学和文化的层面进行多方位地扫描,追根溯源、理论阐释、言明利弊并建言献策。

第一阶段:文献研读

本人研究了多部有关先锋派音乐、计算机作曲、心理声学、电子音乐作曲、MIDI 技术的英文学术专著共计一百万字左右;阅读了大量有关电子音乐历史、20 世纪现代音乐批评、新音乐美学等内容的国外期刊资料近五百页。尽管国内期刊文章和中文版资料非常少,但经过广泛搜寻和挖掘,也获得有一些颇有价值的学习参考信息(详见附录);做了大量的读书笔记和开展研究的前期准备工作。

第二阶段:技法研究

2004 年开始着手本课题——计算机辅助作曲(CAC)技法的研究,其中包括 Max/MSP、交互式算法作曲程序和频谱算法作曲程序。2006 年出席了荷兰

阿姆斯特丹“高迪亚姆”国际现场电子音乐节,参与或主办了历年北京国际电子音乐节和上海国际电子音乐周和电子艺术节等,获取了大量的相关研究信息;长期保持与国际著名实验室的学术联络与交流,如 IRCAM、GRM、GRAM、STEM 等机构,多次共同举办音乐会和学术讲座;邀请当代频谱学派的著名作曲家林德伯格(Magnus Lindberg, 1958)、达勒巴维(Marc-Andre Dalbavie, 1961),以及曾在法国 IRCAM 和美国哥伦比亚大学跟随频谱大师米哈伊等人学习频谱作曲的罗家恩、哈金斯(J·Hakins)等作曲家,于上海音乐学院举办了多场频谱和算法作曲技术专题讲座和大师班。此外,本人还带领自己的研究生一道,为国内外多项重大音乐项目编写交互式音乐程序,如 2006 年 10 月,上海国际电子音乐周演出本人通过算法编程的交互式音乐《变形 III——为长笛、京胡、数码康茄及 AudioMulch 交互系统而作》;在 2007 年 5 月上海之春开幕式上演郭文景的《竹笛协奏曲——野草》中使用 Max/MSP 为其编程,并通过计算机电声系统对独奏家的演奏声部作现场交互式演出;2008 年 10 月,在上海音乐学院国际当代音乐周的电子音乐会上演了本人用 OpenMusic 软件平台以类似频谱音乐的方式作曲,并以 Max/MSP 实时控制的室内乐《道冲——为八件乐器与计算机而作》。

第三阶段:创作实践

2004 年开始验证性交响音乐作品的构思,并于 2005 年春开始动笔。学习期间赴埃及考察后,最终确定创作一部含三个乐章的《第四交响曲——金字塔》。这是一部三管编制的大型管弦乐作品,演奏时间约 28 分钟。作品以 OpenMusic 软件平台作为辅助手段,在 C1(C4 等于中央 C)为基音的谐音与非谐音频谱的基础上,先期完成全部作曲素材的生成,其中主要包括音高、节奏、对位和局部配器等内容,再以常规作曲的手法在 Sibelius 绘谱程序中进行管弦乐作曲。在作曲过程中,除了使用频谱作曲技法外,还使用了 Sibelius 中的其他常规算法,并以个人的艺术感,相对或绝对的意志控制音乐的发展过程。作品于 2009 年 3 月最终完成总谱写作。

第四阶段:专著撰写

由于通过了第三阶段的验证性创作,对频谱作曲技法有了更为感性的认识,加之第一阶段的理论学习和第二阶段的艺术实践积累,在专著写作的设计和推理的过程中就能做到心中有数,除了核对所有资料外,还需经常上机操作,对技术性细节进行实验求证以获得准确的数据;在陈述、推理和总结陈词方面,

采取严谨科学方式所获得的定量分析数据与事实说话;在史论、美学的讨论方面,保留了文科类学术研究所经常采用的旁征博引、主观判断、以史为鉴、定性分析的方法;在语言和行文上也保留了少许个人不拘一格、兼容并蓄的后现代文风。本论文的写作力图避免教科书模式,但由于算法作曲、频谱音乐对于大多数作曲、电子作曲学生、专业作曲家和音乐学家来说仍较为陌生,故有些不得不讲的前提和背景知识将会点到为止,否则可能影响后续阅读。此外,在技术层面的分析将尽可能地深入浅出,避免使用过多的抽象公式或逻辑框图来解释各种算法,那样做的结果会显得更加艰深晦涩。由于作曲算法非常隐晦、私密,如果拿不到作曲家的原始程序(而这些程序多是出于合作创作的工程师之手),就无法精确地解读所有信息,故必须引用由版权机构提供的授权案例。所以,文中有少量原始设计程序或图谱案例来自于作曲家、工程师或相关研究人员公开发表的论文或算法程序开发商提供的用户手册,而非本人分析的结果,对此,均已标明出处。

就音乐分析而言,无论作曲家自己说什么,都要归结到听众对音响的直觉感受。在对第三章中的四部重要代表作品展开研究时,采取了“以我为主”的主观评价、逻辑推导和实证解析并举的方式,对作品的音响结果进行了多重采样分析,其中主要包括使用频谱分析、声谱分析和模型分析等综合手段研究。通过 OpenMusic 自身或第三方的音响分析平台对四部作品所作的分析,我们可以获得音乐进行过程中客观明了的音高、音色、响度、密度和结构等数据,从而找出音乐作品听觉意义上的曲式结构、音响结构和听觉心理结构;再以主观推导与评价的方式,指明作品的风格特征与审美意义之所在。

第一章 作曲算法与算法作曲

“算法作曲”概念的出现至少有三四百年的历史了。“音乐一词的意义对古代希腊人来说要比我们广义得多。毕达哥拉斯在对他的门徒的教诲中指出,音乐和算术是不可分割的,数字是打开整个精神世界和物质世界的钥匙,而乐音和节奏体系既然是按数字排列,就必然体现天地之和谐并与宇宙相对应。”^①

在历史上,最著名的“算法作曲”例子就是 18 世纪奥地利古典音乐大师莫扎特(W. Mozart)于 1787 年出版的基于随机概率算法而创作的《作曲骰子游戏》(德文:Musikalisches Würfelspiel),其中包括小步舞曲(Minuet)和三声中部(Trio)两个部分,例 1 是小步舞曲部分。作曲家以游戏的方式在作品中预置了许多小的音乐片段对应于规则表(Rule of Table)。

游戏有多种玩法,如其中一种玩法是:先以掷双骰子的办法在两个矩阵表格中选出“上帝”眷顾的那些音乐动机(小节号),两个表格第 1 行的罗马数字表示了乐曲的八个乐句(8 小节为 1 句),最左边竖列的阿拉伯数字对应的是掷六面体双骰子时可能出现的数值(最小值 2,最大值 12),表格中的数字提示了所要演奏作品中全部 176 个小节的编号。将与其编号对应的乐谱拼图(每小节一块)进行拼接后,成为一首完整流畅的小步舞曲,再以任意的乐器进行演奏,这种形式可称为拼图游戏(Patchwork)。

^① 唐·杰·格劳特、克劳德·帕利斯卡:《西方音乐史》,汪启璋等译,人民音乐出版社。

例 1 莫扎特的《作曲骰子游戏——小步舞曲》

表 1

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2	93	22	141	41	105	122	11	30
3	32	6	128	63	146	46	134	81
4	69	95	158	13	153	55	110	24
5	40	17	113	85	161	2	159	100
6	148	74	163	45	80	97	36	107
7	104	157	27	167	154	68	118	91
8	152	60	171	53	99	133	21	127
9	119	84	114	50	140	86	169	94
10	98	142	42	156	75	129	62	123
11	3	87	165	61	135	47	147	33
12	54	130	10	103	28	37	106	5

表 2

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2	70	121	26	9	112	49	109	14
3	117	39	126	56	174	18	116	83
4	66	139	15	132	73	58	145	79
5	90	176	7	34	67	160	52	170
6	25	143	64	125	76	136	1	93
7	138	71	150	29	101	162	23	151
8	16	155	57	175	43	168	89	172
9	120	88	48	166	51	115	72	111
10	65	77	19	82	137	38	149	8
11	102	4	31	164	144	59	173	78
12	35	20	108	92	12	124	44	131

莫扎特用“随机算法”创作的骰子作曲游戏

历史上许多作曲家,尤其是提倡自律论或纯音乐的古典乐派或现代派的许多作曲家都曾玩过这类游戏,无论其是否意识到“算法作曲”的概念,如约翰·凯奇(John Cage)。这类游戏的目的是为了音乐在有限的状态下产生出无限的结果,而且是精心设计的结果。也许有一天当你在奥地利萨尔茨堡参观莫扎特故居时,博物馆员很可能会邀请你试玩一下莫扎特曾经玩过的这个作曲骰子游戏,这时你也许会突然问自己,如果 250 年前大师就已经将作曲各种算法的无限可能性都精密地设计完毕,那么今天的专业作曲家还有存在的意义吗?庆幸的是大师并没有那样做,所以才有我们幸存于此。

1.1 作曲算法

日常生活中任何复杂的问题都有可能化解为简单的问题加以讨论并解决,当这一解决问题的过程被抽象为数理逻辑方式加以表述后,便产生了所谓“算法”,如阿拉伯数字表达的任何一个算式都是一种算法。无论你是否察觉,算法的应用大量地出现在我们日常生活所养成的处理问题的思维习惯之中。但作为具有科学含意的术语,算法大约出现在 1938 年之后的数学研究中。20 世纪

60年代,随着可编程计算机的出现,算法才成为计算机领域中的一门独立学科。至此,才是本文所将讨论的“算法”。

1.1.1 何谓算法

算法(Algorithm)定义:【数】演段、编码、运算法则、规则系统、结构模型。源自古代波斯人对阿拉伯数字游戏的称谓。

常用的算法如:组合法(复合法)、原始对偶法、重试法、步长法、顺序分类法、递推法、递归法、穷举法、贪婪法、分形法、过滤法、有限态、动态规划、多项式辗转相除法、循环法、渐缩法、迭代法、优化法、决策法、游戏法(博弈法)、模糊算法、随机选择法、马尔科夫法、傅里叶转换法、编程法,等等。

1.1.2 何谓作曲算法

作曲算法(Algorithm for composition)指音乐要素及组织逻辑、运算法则、结构模型或规则系统,以及将算法思维与作曲思维中最小的决策单位对应后所形成的作曲技法模型与系列。

作曲算法的基本内容包括“音—乐—组织—结构”。本文的频谱作曲技法研究即是针对这一概念而逐一展开的。

中国古代文化中的音乐是指可供欣赏的愉悦音响,并可细分为三个层次:声——自然的音响,音——人为触发的、有意识的音响,乐——有情感、有表现、使人愉悦的一串合拍合律的音响。西方人的“Music”一词源自希腊语,意思是缪斯女神所掌管的文娱事物。在英语中如果说“The music of the stream”,它的含义并不是“音乐流”而是“潺潺流水声”,这说明在东西方文化中对音乐的定义是基本相通的。“愉悦音响”并不仅限于和谐音响,同时也包含着不谐和的噪音,以及痛并快乐的情绪,它是有序、有张力、有解决的发声过程和时间艺术。

(1) 声音的三要素

与音高相关的物体振动的频率、与响度相关的振幅和与音色相关的频谱和起振包络。

(2) 音乐的基本定义

音乐——愉悦音响的合成物。它是有意识、有组织的乐音或声音在时间和空间中的呈现和延展,其基本要素包括音高、节奏、音色与和声。

(3) 作曲的定义

写作(Composition)——艺术性创作材料的组织、组成、构成、合成、写作的逻辑及过程,当由 Music 修饰后方具有音乐写作——作曲的意义。

1.1.3 算法与作曲技法的映射

算法^①是一系列解决问题的清晰指令,可以理解为“由基本运算及规定运算顺序所构成的完整的解题步骤”,或者看成是“按照要求设计的、有限的、确切的计算序列”,并且要求这种步骤和序列可以解决一类问题,个案、特例的解决方法不是真正的算法。

(1) 算法的五个重要特征

确切性:算法的每一步骤必须有确切的定义;

有穷性:一个算法必须保证执行有限步之后结束;

输入:一个算法有0个或多个输入,以刻画运算对象的初始情况,所谓0个输入是指算法本身定出的初始条件;

输出:一个算法有一个或多个输出,以反映对输入数据加工后的结果。没有输出的算法是毫无意义的;

可行性:算法原则上能够精确地运行,而且人们可以简单地使用笔和纸作有限次运算后即可完成。

(2) 算法的复杂度分析

同一问题可用不同的算法解决;同样的任务,不同的算法可以用不同的时间、空间或效率来完成。故一个算法的优劣可以用空间复杂度与时间复杂度来衡量。算法分析的目的在于选择合适的算法并不断改进算法。

a. 时间复杂度:算法的时间复杂度是指算法需要消耗的时间资源。一般来说,计算机算法是问题规模 n 的函数 $f(n)$,算法的时间复杂度也因此记做 $T(n) = O(f(n))$ 。因此,问题的规模 n 越大,算法执行的时间的增长率与 $f(n)$ 的增长率正相关,称为渐进时间复杂度(Asymptotic Time Complexity)。

b. 空间复杂度:算法的空间复杂度是指算法需要消耗的空间资源。其计算和表示方法与时间复杂度类似,一般都用复杂度的渐近性来表示。同时间复杂度相比,空间复杂度的分析要简单得多。

(3) 算法与作曲技法的可对应关系

作曲算法,如旋律的动机展开、重复、模进、转调、逆行、倒影、随机、模糊、音程或节奏压扩,和声与对位中的音高纵横向排列组合、不谐和度、紧张度解决,配器中的音色组合,曲式中的并行、对置、对称、回旋、奏鸣等原则都属于常规的

^① 袁荫棠:《概率论与数理统计》,中国人民大学出版社。

作曲技法,都可以被描述为单一或组合的算法。使用上述算法组织音乐材料才能进入作曲状态,才能形成“悦耳音响的合成物”——音乐。

组合、排序、重试、步长、递归、分形、循环、有限态、动态规划、随机、模糊等,是一些可用于作曲程序中很普通但很重要的算法,都能映射(Mapping)到常规的作曲技法。尽管作曲算法较容易在计算机上实现,但算法与计算机之间并无必然的联系。如,巴赫、莫扎特、贝多芬便是运用类似算法进行创作的最伟大的作曲家;至于印象派、序列主义、先锋派的大师就更不用说了,布列兹、约翰·凯奇、梅西安、里盖蒂、斯托克豪森等作曲家,如果离开了作曲算法的支撑,就没有他们的音乐作品存在,可他们大多数人并不属于“算法作曲”的作曲家。

1.1.4 小结

作曲算法是音乐创作的逻辑基础,任何类型的作曲家,包括即兴演奏家都会用到算法,至于哪些创作技法或技艺可被称为“算法”无关紧要,重要的是这些“算法”自身必须简捷有效、易操控、可验证并符合艺术表达的要求。当然,真正意义上的作曲算法仍是基于数理逻辑的,在今天,尤其是基于计算机编程语言的,是各种可被描述的作曲技法与之映射的结果。

1.2 算法作曲

1.2.1 何谓算法作曲

算法作曲(Algorithm Composition)定义:基于运算法则、规则系统或结构模型等为主要技术手段的作曲体系。

作曲家在进行谱面或音响创作时,主要依据一系列程序化的动作,如在主题动机的发展中采用重复、模进、倒影、逆行、音程和节奏的压扩,或派生、对比等自动生成或手动选择的技术而进行音乐构思的。通常是立法在先,或游戏规则在前。在局部或整体的实施过程中,无论使用常规方式还是计算机方式进行算法作曲,都应注重并适当保留音乐生成的自律性。

1.2.2 常见的算法作曲方法^①

(1) 基于规则的知识库系统

K. Ebcioglu建立了BSL语言(Backtracking Specification Language),并且用它来实现CHORAL,这是一个基于规则的专家系统,用它可以构造具有巴

^① 冯寅、周昌乐:《算法作曲的进展》(Journal of Software), Vol. 17, No. 2, February 2006。

赫风格的四部合唱的复调音乐。

(2) 人工神经网络系统

通过收集某一特定作曲家或代表某一特定时代风格作品中的作曲信息来训练一个人工神经网络系统,便能够以一音接一音的方式来生成相类似的风格旋律。道格拉斯·埃克(Douglas Eck)成功地开发了一个使用 LSTM(长的短暂记忆)递归神经网络系统来学习蓝调音乐(blues music),并能够由计算机自动创作出新的蓝调音乐。

(3) 音乐分析模型

大卫·科普(David Cope)把音乐创作视为一个互相拼凑的超级过程,并在他的系统里提供较清晰的风格定义。他将作曲大师一系列作品的碎片采样编码成若干模式,并将其存放在一个数据库中,然后,使用若干从大师碎片结构中抽取出计算函数来填充预置模式中的内容,从而仿造出具有某特定大师作曲风格的“新创作的作品”。

(4) 马尔科夫链表转换法

马尔科夫链(Markov Chain)是指在给定当前知识或信息的情况下,只有当前的状态可用来预测将来,而过去的经验对于将来发展并无意义。马尔科夫链表转换作曲法针对某一作曲家或某一时期风格音乐作品进行采集和统计,形成样板集合并构造出相应的转换链表,这个链表定义了风格样板集合中音乐材料自动拼接时的导向几率,计算机作曲程序根据链表中当前材料的导向几率自动选择后续材料,由此产生出具有一定风格边界的音乐作品。

(5) 遗传算法

遗传算法(Genetic Algorithm, GA)是从代表问题潜在的解集的一个种群(population)开始的,它是经过基因(gene)编码的一定数目的个体,如音高、节奏、和声、音色、演奏法等可被抽象描述的、有限的、微小的音乐个体——染色体(chromosome)。染色体作为遗传物质的主要载体,其内部表现(某种基因的组合)决定了个体形状的外部表现,如一段旋律的特征是由音高和节奏个体(染色体)中控制这一特征的某种(基因)排列组合决定的。按照进化论适者生存、优胜劣汰和步步高升的原则,逐代演化产生出越来越接近目标的“解”,使得作曲程序越来越逼近预定的风格目标,有可能创造出既可预期又十分新颖的作品。

1.2.3 自动生成与手工作业

建立计算机作曲体系的初衷是建立一个有设计、有控制、有目标、自适应的

自动化作曲系统,其难度在于如何建立一部作品的风格边界,而不是创造出千奇百怪的音乐。但这绝不是一件容易的事,因为作曲家和工程师的审美观往往不一致,而要培养出“艺术工程师”又绝非一朝一日的事。有一点需要警示的是,计算机算法作曲将或多或少地降低人们成为“作曲家”的准入门槛。今天,普通人日常听到的大多数流行音乐、影视音乐即是出自职业音乐人、业余作曲者和程序设计者们的音符游戏。这类音乐作品是否仍具有传统的艺术学、传播学意义上的审美价值,令人担忧。

各行业在生产中实现自动化的目的是为了提高生产力,将人们从繁杂的手工劳动的压迫下解放出来。今天,如果某位艺术家不存在大笔供货订单的压力,或为了不让艺术品贬值而减低产能,或为了艺术的追求,执意手工作业,返璞归真,十年磨一剑,那就说明他或她摆脱了尘世的诱惑。这种不图名利,试图做一个纯粹的艺术家或手工艺大师,或仅仅为了做回自己,做自己爱做的事等举动都应受到世人的尊重,但不能因此而蔑视那些当前奋斗在一线、确有大笔订单或有着特定美学追求而需要计算机辅助的作曲家。

1.2.4 小结

作曲家在自觉或不自觉的情形下使用“算法”进行创作的技术性构思时,并不等于就是“算法作曲”,正如我们在讨论一个人做某件事的“思维逻辑”时,并不等于认定他使用的就是“逻辑思维”。算法并非一定需要计算,而更多体现出来的是一种“算计”。如果将其运用到作曲过程之中,便产生了各种相对固定的作曲技法,而各种技法优胜劣汰后又可形成作曲中相对稳定的系列技法(数学)模型,任何模型都可以被计算机复制、模拟、演绎和派生。

1.3 基于算法的频谱作曲

频谱作曲属于算法作曲的范畴,但并非真正意义上的算法作曲,算法作曲在很大程度上都或多或少地带有“自动作曲”的含义,在今天尤其带有计算机编程的含义。此时,作曲家仅仅是音乐程序的设计者或领航员,而作曲过程的执行者或演奏者则是计算机和音响系统。

1.3.1 谱的定义

谱(Spectrum),并不特指频谱,可称为“波谱”,它是事物复杂关系或能量可视化图谱的表达方式,如分布图、关系网、范围或系列。当波谱被一定的领域或范畴的概念,如频率、声波、光波、辐射波、细菌谱等修饰后,便成为特定的谱系,



如频谱、声谱、光谱、色谱、密度谱、电磁波谱、抗菌谱,等等。

1.3.2 频谱作曲

无论作曲四要素(音高、节奏、和声、音色)还是乐音三要素(频率、振幅和频谱),均存在着辐射能量。通过对这些要素所发出的能量进行分析并作等量化处理后获得频谱(Frequency of Spectrum);将频谱对应并转化为作曲基本元素后构成算法,再以这些算法作为主要技术性依据来进行音乐创作,便被称作“频谱作曲”。

1.3.3 频谱学派

运用谐音频谱(泛音列)的观念进行作曲由来已久,20世纪初的现代作曲家,尤其是曾入主过电子声学实验室(如法国巴黎与里昂、德国科隆、意大利米兰、荷兰海牙的著名实验室)的那些先锋派作曲家们或多或少都有过尝试。在欧洲乐坛上,较早提出频谱作曲理念的前辈作曲家是意大利的塞尔西(Giacinto Scelsi, 1905 - 1988)。1973年,法国作曲家梅西安(Olivier Messiaen, 1908 - 1992)的学生们——热拉尔·格里赛(Gerard Grisey, 1946 - 1998)、特里斯坦·米哈伊(Tristan Murail, 1947 -)、罗杰·泰西耶(Roger Tessier, 1939 -)、迈克尔·勒韦那斯(Michael Levinas, 1949 -)和雨果·杜夫(Hugues Dufourt, 1943 -)共同发表宣言成立“路线探索小组”(le Groupe de l'Itineraire),声明要通过作曲家、演奏家与音响工程师协力创造出一个新的声音世界。宣言中认为声音是非静态而具有生命、随时间而变化的物质,并以此物质的本质结构作为他们作曲的核心理念。与此相配合,还成立了专门演奏频谱或类似风格音乐的室内乐团,如此,频谱学派(Spectrum School)便正式诞生了。

1.3.4 基本理念

法国作曲家热拉尔·格里赛对频谱音乐理念有这样的阐述^①:“频谱音乐的独到之处在于作曲家面对着音响构成的群感和音响展现所需时间的态度。最开始,这种音乐便被定性为缓慢的催眠力和以持续、有控、稍纵即逝和动态的方式作乐音泛音的实音化衍射或萦绕运动,形成新的包含微分音的音高材料体系,而这些音高比例关系也可能被映射到体现时间维度的节奏组合之中,它与那些拒绝将时间和其他信息量纳入音乐总体构架中来的形式主义者(传统节奏节拍观念)是根本对立的。”本人对传统“旋律”的定义是:不同音高的乐音在时

^① Gerard Grisey, "Did You Say Spectral", *Contemporary Music Review*, 2000, 19, 2000 OPA.

间线上的不同组合及延续,音高与节奏二者不可分离。但被频谱学派的“音响生态学”所强调后,频谱音乐可以将音高与节奏拆分开来,可以将“时间”看作是被附加在音高材料之上的额外因素——“外部时间”,并将其纳入音响自身的组成部分。所谓“音响生态学”是指音响自然声学环境中“发声—持续—衰变—消失”的生存状态;所谓“外部时间”是指音乐发声过程中的音高与时间概念的剥离,使之成为一个抽象的讨论对象。如作曲家可将一个极短暂的单音进行频谱解析后,将其置于一个被放大的时间结构之中(可视作凝固时间),再从各角度对这个单音中的复杂成分进行递次呈现,结构成一段或一部管弦乐音响。反之,可将一段完整的管弦乐音响压缩至一个很短时间的单个发音点或音响段,使其成为一个音色或一个复杂的音响效果。很明显,这种音乐元素从传统的音乐语言中彻底抽离出来,成长为结构元素本身和整个音乐音响的材料;通过对这些材料的规划、推演和归纳而形成新的曲式。早期的频谱音乐让听众在游弋的时间坐标中模糊地感知音乐音响的结构。

频谱学派成立的最初目的是与当时一统天下的“序列主义”相抗衡,而这些序列主义先锋派作曲家却又几乎都是频谱学派成员的先师或音乐界权威人物;频谱学派差不多都是从先锋派那里逃离出来的年轻作曲家,基本上是在序列主义的土壤上成长起来的一代,所以他们的理念不可能与先锋派作完全的切割。

雨果·杜夫(Hugues Dufourt)曾在课堂上这样说:“频谱音乐是将序列音乐所开创的道路更进一步,让音乐更迈向纯粹与透明。”^①所不同的是,序列音乐反听觉心理学原则,打乱原有相对自然感和人性化的音响组织结构,创造一种数理逻辑化、机械化的非线性有序结构,将多核心的音乐要素整合在一起,以获得新的、隐蔽的音乐结构力。频谱音乐则是以乐曲的线性、整体性为立足点,以符合物理学、心理声学原则为出发点,将音乐结构秩序充分外露,揭示出声音内部属性中的统一性和完整性。序列音乐靠乐音的堆积和部分的解决来获得张力或减低音响冲突,而频谱音乐则主要依靠声音内部的结构变化,如控制包络改变、泛音比例压扩、波形调制等手段来获得音响持续过程中的张力和色彩。

频谱学派既要重整音乐秩序、回归理性,又想到做到系统开放、随机选择与自动演绎,并且提倡复风格、复文化并存。他们将“静态”音响(一小段基本保持不变的乐音或自然声的采样)通过物理学和心理学分析解构后所形成的算法,对

① Gerard Grisey, “Did You Say Spectral”, *Contemporary Music Review*, 2000, 19, 2000 OPA.

其以看似科学的态度进行夸张地放大处理并有机合成后,再将声音内部的“纹理”通过延展的方式一点一点地展示给听众,如将一个 15 毫秒的声音采样以数分钟甚至更长的时间来加以分解呈示。当欣赏频谱音乐时,你可能会觉得是在“听”一幅画,或“看”一段音乐。

1.3.5 基于算法拼图的辅助作曲程序

频谱学派作曲家大多来自电子音乐领域,其作曲最基础的要素包括:谐波分音、变形分音、十二平均律或自定义律制;还有快速傅立叶变换、滤波、插值、共振峰、频率调制、环形调制、振幅调制等。所有这些技术的应用理应要求作曲家具备一定的数学、声学、电声学和电子音乐作曲等相关知识,但这却无形中大幅度提升了频谱学派的准入门槛,使得许多常规作曲家望而生畏或敬而远之。为了吸引更多具有艺术想象力的作曲家们加盟,频谱学派于是决定开发出一套适合于大多数作曲家所使用的辅助作曲软件,命名为 OpenMusic——一个“开放的音乐系统”。

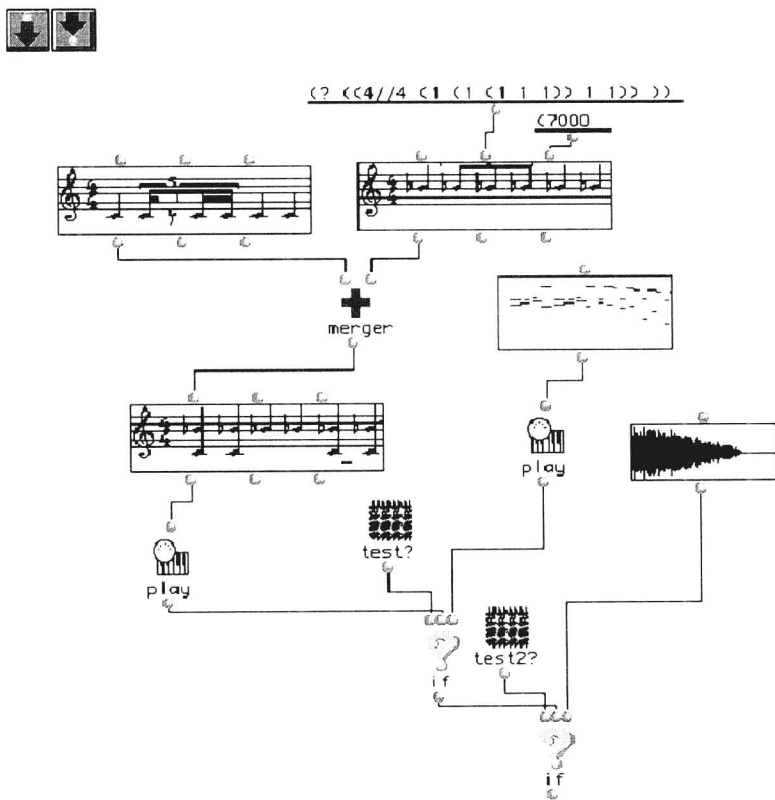
OpenMusic(以下简称 OM)是基于算法的辅助作曲程序。它是由法国蓬皮杜国家声学与音乐协作研究中心(Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique, IRCAM)为了纪念于 1998 年去世的频谱学派重要代表人物之一格里赛教授,根据频谱学派和其他学派,包括古典主义、印象主义和序列主义的作曲技法而研发的,适合于那些偏逻辑思维的作曲家以拼图搭建(Patch-Work)方式获取创作素材并直接生成或拼接音乐音响的一套可视化创作程序,它主要以 CLOS(Common Lisp Object System)语言开发编写。通过它可以进行纯听或混合电子音乐、常规器乐、管弦乐和声乐作品的局部或整体创作;可以乐谱、波形、频谱、逻辑图等形式显示音乐内容;还可以输出为通用 MIDI 文件或通用乐谱文件(MusicXML),方便地与 Max/MSP、CSound、Finale 或 Sibelius 等音乐编程和绘谱软件互换文件或直接无缝衔接;新开发的 OMax 程序设计的 Max 接口程序和图形界面更可以方便地展开实时交互式电子音乐创作,或带有视频变形处理的多媒体或新媒体艺术所需的综合视听作品创作。

频谱学派并不一定提倡计算机“自动作曲”,而常常是以计算得出的数据为参考,以艺术的方式、传统的方式进行混合或交互式作曲。频谱音乐需要大量的计算,如频率、和声和节奏等数列、比值或其他等用于生成作曲基础材料的物理量,甚至早期作曲家们为了频谱音高不至于被十二平均律音高所“污染”,曾使用过频率数值记谱。由于其计算麻烦,演奏者来不及反应,甚至作曲家也自

顾不暇,所以未成气候。OM 正是为作曲家而设计开发的、带乐谱和图形显示的可视化计算机辅助作曲程序(CAC),并非那种供那些网迷或程序员休息时消遣的、而让作曲家嗤之以鼻的“自动作曲”程序。它也可以被看作为用于辅助作曲的素材计算器,一旦在需要进行大型复杂计算的时候方能显示出它的有理、便捷和强大的威力。

拼图(Patch)是 OM 面向对象编程(OOP)的基本单元。在拼图中,通过创建流程图来图示化地描述 LISP 代码,从而实现特定的算法功能。用拼图可以用来做拼图式的编程,其中主要用到的拼图是“函数”(functions)和“类”(classes),而“对象”(Objects)这一要件在当前的程序中可能很少被用到。例 2 便是一个生成节奏材料的拼图。

例 2 节奏树拼图



这是一个编辑、处理 MIDI 信息并输出波形文件的拼图

从例2中,我们可以看到一个 Patch 中的可能存在的內容,其中有:OM 图示化的音乐材料,OM“函数”(如合并“merger”、播放“play”等),一些数值(7000 以及上方的“节奏树”),图示化的外部 MIDI 与声音文件,此外还有一些其他算法或 Patch,如 test? 和 test2?。

从中我们可粗略地获得下列信息:流程图中可包括现成的 MIDI、波形文件(左上方),可用“节奏树”算法自创节拍和节奏(右上方),可与已有的 MIDI 文件合并产生出新的变种(中部),也可以混合已有的音频文件进行信号处理,并合成为波形文件输出(右侧)。

OM 程序尽管是为频谱学派而设计的,但绝不仅限于“频谱音乐”的创作。将其视为一种通用的音乐演算平台更为贴切,一切需要精确计算或模糊计算的音乐要件都可以通过它来实现。由于它为作曲家而设计,故作曲家只需具备一定的逻辑思维能力,不必懂得编程语言也能使用,况且拼图游戏的复杂度可量力而行,因人而异。尽管在 OM 中可以进行底层的“算法作曲”,但这不符合频谱学派实用主义的基本理念,他们不希望重蹈序列主义的覆辙,将系统变得越来越复杂而被异化。相反,他们有意识地为自己留出更大的自由空间,提倡利用自然生态环境中的声音材料、开放式的作曲系统和多元文化并存。今天,越来越多的作曲家希望在作曲中,在最大限度保持创新思维不受限制同时,尽情享受信息时代高科技所带来的实惠和便利。

1.3.6 小结

凡作曲即有算法,频谱作曲属于算法作曲的范畴,但并非真正意义的算法作曲。真正意义的作曲算法是基于数理逻辑的,且多数是基于计算机编程的自动生成方式;是各种可被描述的作曲技法与之映射的结果;是各种技法优胜劣汰后形成的相对稳定技法模型;以自动生成的算法作曲方式进行音乐创作将势必导致传统意义的“作曲专业”不复存在;尽管作曲的行为不会消亡,但却变为程序设计者自娱自乐的音符游戏。

之所以作这些铺陈,是因为本文所讨论的“基于算法的”作曲技法,尽管已知其内涵和外延比通常的作曲技法概念要宽泛得多,文中除了少量的传统谱例外,更多看到的将是一些理工科专业所熟悉的文字、程序和图谱,除了电子或计算机工程师外,笔者仍希望有如本人一样的常规作曲家可加入到对本课题更加广泛和深入的研讨中来。

第二章 频谱算法之解构

大多数频谱学派作曲家都来自于先锋派的常规作曲或电子音乐领域,在创作电子音乐(磁带拼贴与合成音乐)部分时,他们会直接以对声音包括对乐音和噪音的各种物理量的分析获得诸如声波的波形、相位、频率、振幅、频谱和包络,以及各种心理听觉效应等信息后,再以电子模拟或数字技术,如滤波、调制、调幅、调频、合成、采样等信号处理方式生成音响材料并合成输出为电子音响或波形文件。从 20 世纪末开始,越来越多的频谱作曲家开始放弃早期在电子音乐实验室合成制作的磁带音乐(Tape music)。他们普遍认为,尽管今天电子音乐的音源极大丰富,但从听觉上或心理上说,这些音响并不太自然,从操控技术上看仍缺乏人性化,唯有现场实时表演的声学乐器和人声通过上述电子技术的虚拟表达时,才可能做到自然、富有表情,才能更加动人。所以,他们更乐意将自然声音、常规乐器和人声作为主要音源,再加入移动式、可实时演奏或控制的电子乐器或设备进行混合媒介的现场演奏。

20 世纪 70 年代初的频谱作曲家在实验室里最常用的模拟式电子乐器和设备主要包括:马特洛电风琴、电吉他、环形调制器、低频振荡器、泛音发生器、噪音发生器、混响器、延时器、多重滤波器等。70 年代中期发明了模拟式合成器,如著名的 EMS,在当时看来似乎无所不能,威力强大。70 年代末开始使用计算机(但不是今天的个人计算机)进行作曲。80 年代初数字技术开始普及,如 IS-PW(the IRCAM Signal Processing Workstation),它是 IRCAM 和 Ariel 计算机公司合作开发的一台数字处理器。尽管电子设备在不断发明和改进,但仍与频谱学派要让电子音乐走出实验室的目标还有距离,因为在巡回演出中安装一次设备的工程实在太大了。80 年代中期,由于便携式设备的出现,逐步武装到

牙齿的频谱作曲家开始从实验室的模拟“训练场”走出来,正式踏上了“路线探索”之旅,去音响的“生态环境”中考察音乐的生存状态,探究音响内部结构的机密和宝藏。

2.1 记谱法

频谱作曲家尽管多数从事过电子音乐研究,但为了走出实验室,如何方便地将电子声学中的各种控制项目和参数对应成作曲技术,并以演奏家较为容易理解的乐谱形式来创作就显得十分重要。电子音乐记谱法的发展不像在早期音响实验派音乐中那样发达,从某种程度上说,先锋派作曲家就是指那些使用特殊记谱法从事音响图形绘制的人。电子音乐作曲家,特别是出身于音频工程师的磁带音乐或称为“纯电子音乐”(Electro-acoustic Music)的那些人,如谢菲尔(Pierre Schaeffer, 1910 - 1995),他们通常使用大型电子设备在实验室通过录音和拼贴的方法直接进行音乐音响的创作,并以音响系统重放,不需要演奏家在现场对电子音乐部分进行二度创作,故电子音乐声部通常不需要精确记谱,只有演出控制的设计方案。我们今天在图书馆看到的电子音乐乐谱绝大多数都是作曲家本人或他人的事后所为。20世纪70年代当电子设备小型化、电子合成器出现后,曾经身为实验电子作曲家并深陷实验室闭门造车的频谱学派同仁们,为了重新获得音乐的原始价值,增强艺术作品的观赏性和观众面对面的激励以鼓舞士气,不得不邀请演奏家们的参与和乐队的协助,这就要求作曲家不得不提供包含足够演奏指令和信息且易于理解的乐谱。这时,记谱法便成为频谱作曲家第一个必须面临的问题。

频谱学派与传统电子音乐作曲家最大的不同点在于,频谱作曲家要让音乐表演虚拟声学环境回到自然的生态环境,这就要求使用声学乐器的演奏家的参与,而演奏家就不得不要求作曲家提供具备足够信息的“乐谱”。同时,为了适应音响生态学要求,频谱作曲家在电子音乐部分由刚开始的预制磁带音乐,逐步转换为实时触发的预制 Patch,或使用便携式合成器和可移动计算机音频系统作实时或交互式演奏,这就需要作曲家在先锋派记谱法的基础上,进一步发展或发明较为明了并接近实际音响效果的声学乐器加电子音乐的综合记谱法。尽管频谱音乐的记谱法还不成熟,但仍为传统乐器和电子音乐的演奏家提供了许多有效的指令或参考信息。所以,当我们在开始讨论频谱音乐的时候,就必须先了解各种常见的记谱法。

东西方文化中最初的“作曲”概念都不包含必须在乐谱上写作音符的意思,仅指对悦耳声音的组织 and 结构过程。这些组织和结构信息可被符号、图谱表、文本概念等系统表示,也可以用乐器演奏或歌唱方式直接表达。五线谱便是各种音乐信息传达的一种形式,它精确地或粗略地记载并发出对演奏者的导控信息。有些没有乐谱的音乐,如阿炳即兴演奏的《二泉映月》、《听松》等过程也可被称为作曲,其主要原因是这种即兴的表演行为有明确的主旨和目的,并有可供他人解读的记录载体,以便日后可以传播和再现回放,否则,便只能视作一个表演者的偶发行为,不能纳入真正意义的作曲范畴加以讨论。由此而知,作曲信息的表达必须做到:有意识、有目的、有过程、有结构并具有可重复再现的可能性。

2.1.1 传统记谱法

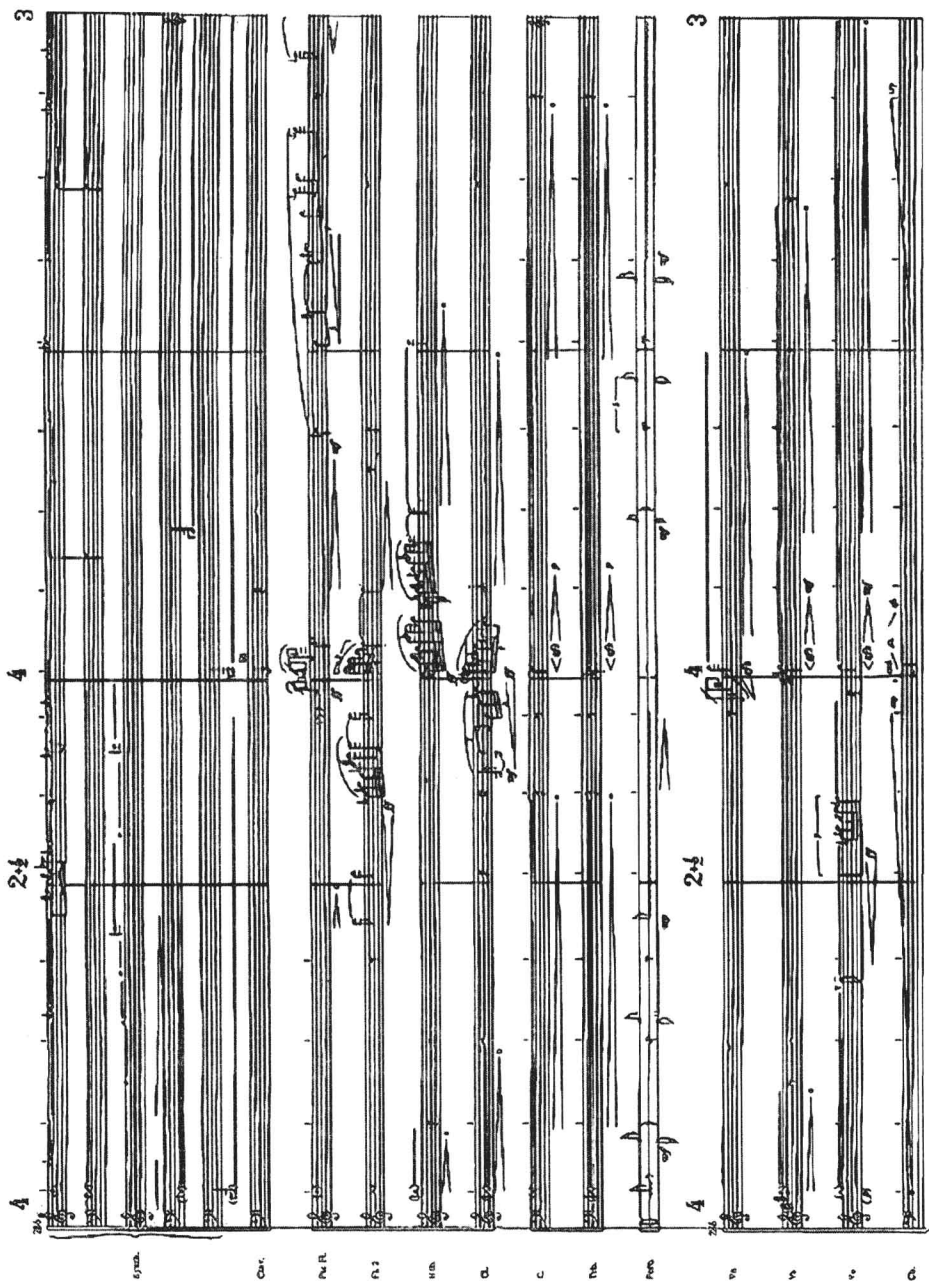
例3是米哈伊(Tristan Murail)为18件乐器而作的室内乐——《沙丘的精神》(L'Esprit des Dunes),它显然使用了几个世纪的作曲符号表达法——传统记谱法,而不完全采用当下流行的图谱、表格加文本说明形式的先锋派记谱法。上方六行谱组是合成器、电钢琴的电声声部,传统记谱加图形谱;下面的声学乐器声部除了以传统记谱形式外,还以乐音音组象形似地模仿正弦波、三角波、锯齿波、方波或是随即波的波形轮廓。

米哈伊虽然采用传统记谱加波形表征记谱的综合方式表达,方便演奏家掌握声部的演奏内容和进出时机,但我们却看不到乐谱中对合成音色部分的描述。因此,这种记谱法主要适合那些使用标准电子乐器和预制合成音色的演奏家所进行的实时演奏,而不适合那些以非线性蒙太奇方式为主要创作手段进行音响制作的纯电子音乐作曲家。

2.1.2 声谱图

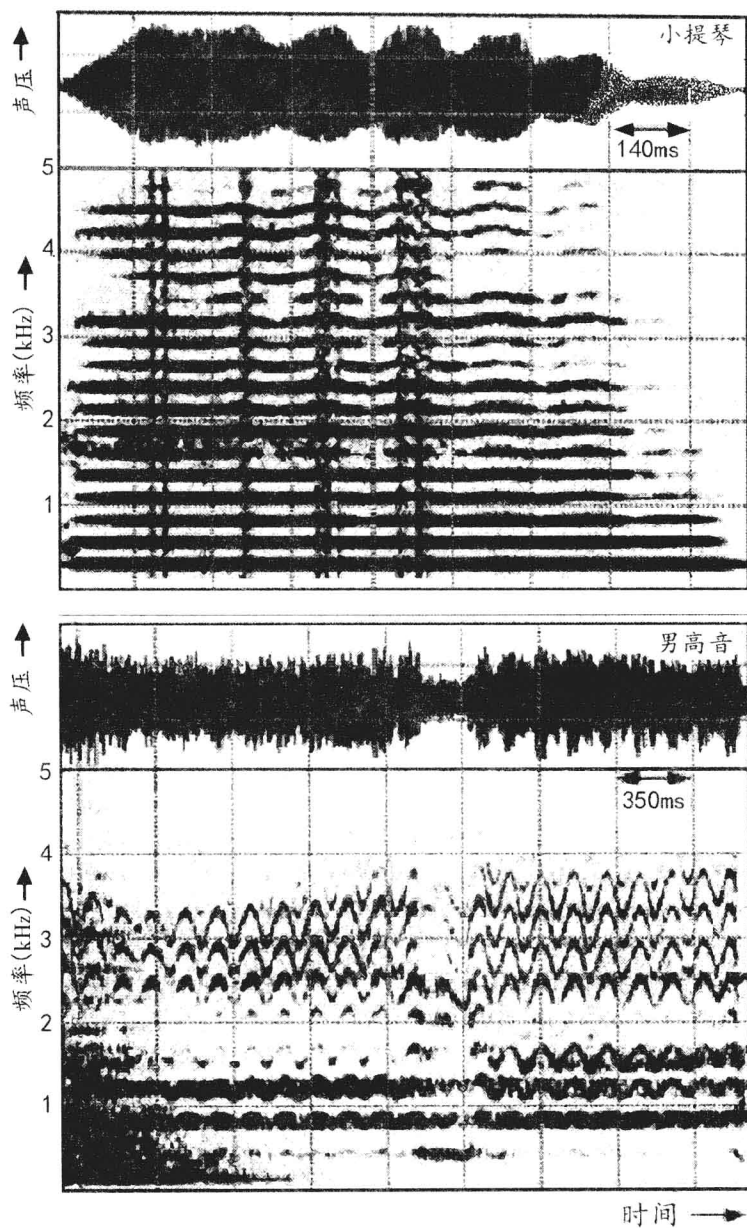
多数电子音乐作曲家长期以来都拒绝使用通用记谱法作曲,特别是那些工程师出身为主的磁带音乐作曲家,因为这些独树一帜的作品音响即是最终的结果,也就不需要建立供大家协同表演的统一的乐谱体系,甚至没有统一的制作平台(相当于传统音乐中的标准乐器),每一部新作品发布都是唯一的首演版本。今天的互联网可视为“以太(Ether)音乐厅”,它是电子音乐家大显身手的表演空间。演奏者是世界另一端的个人电脑及其数字化播放终端,而媒体播放器中随音乐实时改变的各种缤纷奇异的频谱图形化视觉效果即可被视为作曲家设计思想的动态乐谱呈现。

例3 米哈伊的《沙丘的精神》



传统记谱加入正弦波、锯齿波、方波和三角波等表征记谱形式的音组动机

例 4 小提琴与男高音的声谱图及其连续频谱中的分音显示



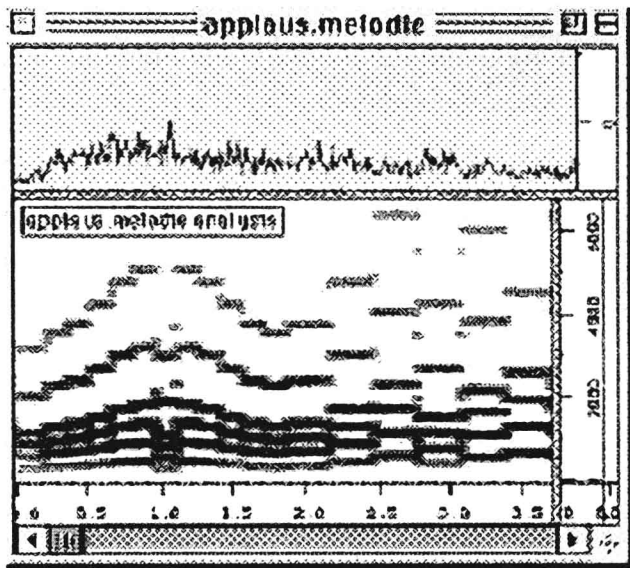
如将声谱图中的各分音作为实音而抽象记谱后，一部频谱作品随即诞生

频谱音乐与电子音乐关系密切,二者都对探究声音的微观世界而着迷,并高度聚焦于单个音的音响结构与解构过程之中。作曲家脑海中的所谓乐谱非常近似一个乐器或人声采样的声谱图,如例4。位于上层的是小提琴演奏B[♭]4音时记录的波形振幅图及其声谱图,下层是男高音演唱B[♭]4音及其频谱图。尽管它并不是乐谱,但如果将例4的频谱中的泛音实音化后,就有可能参照各分音波形图和振幅图进行管弦乐配器,这便是频谱音乐常见的乐谱形式之一。

2.1.3 MIDI 图谱

通过对各种风声、海浪的采样波形的基音能量分析,可提取 MIDI 化的旋律线图(见例5),并可以让计算机通过音源设备自动演奏乐音化旋律与和声,或让演奏家“看到”音响的内部结构,从而激发他们的想象力,达到更加有效、自如地控制电子音乐的音调与音响的构建过程之目的。

例5 旋律线分析出来的 MIDI 图谱



通过对波形基音能量的分析,可提取 MIDI 化的旋律线

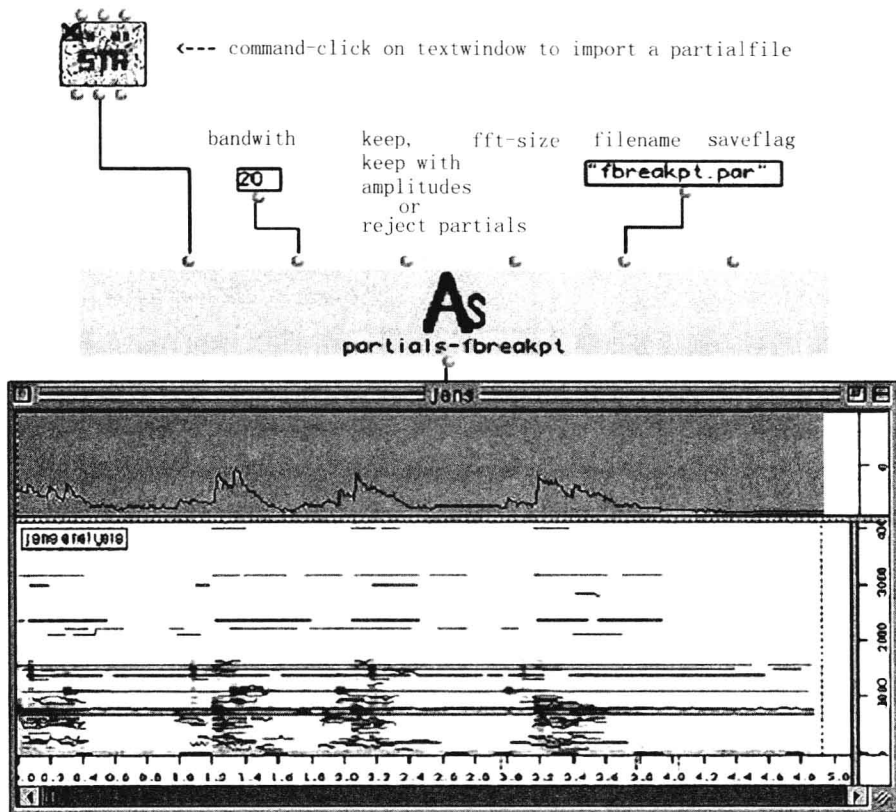
2.1.4 分音图谱

如将乐音或噪音音响通过特殊滤波技术进行旋律线分析,提取出 MIDI 信息后即可直接将其转换为五线谱输出,由演奏者以声学乐器或电子乐器作现场演奏。例6便是通过 OM 的频率断点算法提取频谱中的分音图谱。

在例6中使用了分音断点算法,首先设定分音提取的带宽和取值范围(音域),还可以设定FFT的窗口尺寸,由此我们可以得到上方的合成波形图与与之对应的分音图谱。

例6 分音图谱

Partials-fbreakpt



使用频率断点算法提取音响中分音图谱

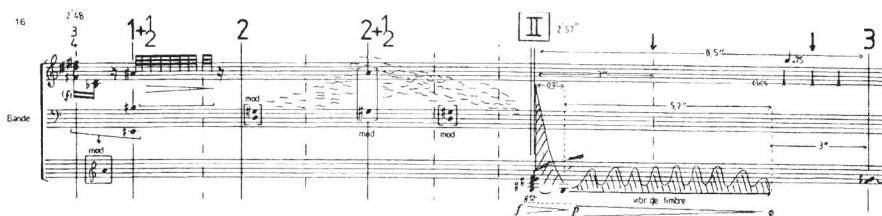
2.1.5 噪声图谱

噪声是电子音乐最重要的声音材料来源,尤其是白噪声和粉红噪声,由于它们的频谱声能密度大且分布均匀,特别适合作频率滤波的“减法”合成。频谱音乐作曲家也不例外,他们同样高度重视对噪声源进行有选择的滤波处理后获得新的音乐写作材料,如将海浪声通过处理后变成乐音的分解和弦,并以乐谱形式显示。当然更多的是通过频谱分析直接显示噪音分布图以供演奏者即兴

演奏,或计算机严格演奏。

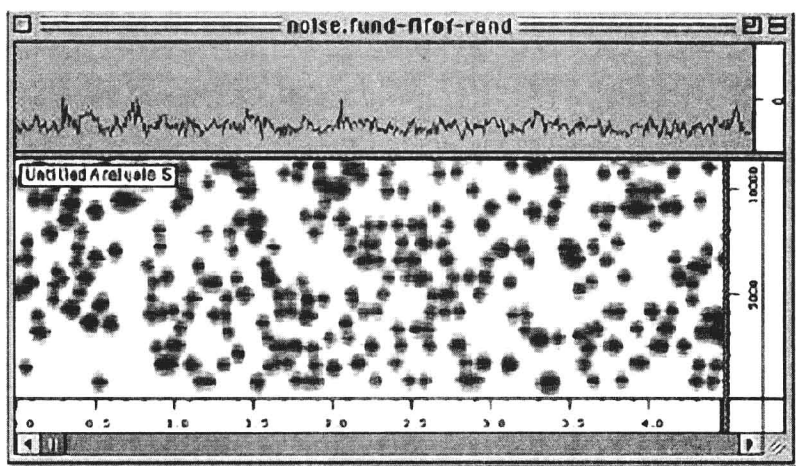
例 7a 是米哈伊为 17 件乐器与磁带音乐而作的《裂变》(Desintégrations, 1982)中电子合成器声部中的噪声图谱,这是一种表征图谱,它是音响效果的一种主观图像描绘。其中除了常规和弦等乐音记谱外,主要包含了粒子(或脉冲)噪声和正弦波调制(mod)的非乐音部分。主要目的除了给合成器演奏者一个指示外,更多的是给指挥提供参考。

例 7a 米哈伊的《裂变》



例 7b 是 OM 通过分析所获的粒子随机噪声图谱,其中包含了可使普通音乐家一目了然的音高、音量和音长等必要的演奏信息,它们本身不用转换为五线谱也可能直接输出成为一幅直观的电子音乐局部或完整的表征图谱。图谱的上行是声谱图,下行是类似 MIDI 卷帘编辑窗,其中密集的堆叠线条代表复杂的和弦,线段的长度代表音长时值,色度深浅代表音量的大小,颗粒密度代表粒子噪声的分布。

例 7b 噪声图谱



持续或随机的粒子噪声频谱分析

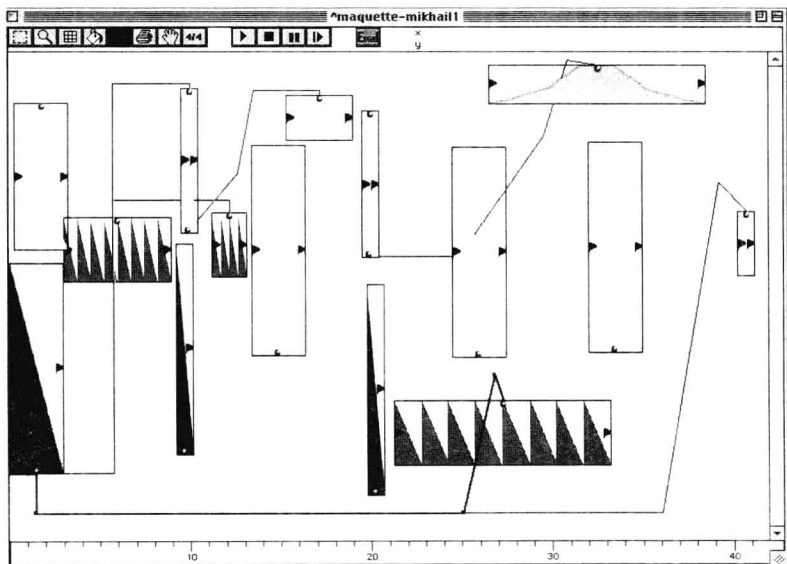
感知声音的成分可有两个纬度,一方面波形随时间变化而演变,另一方面也可在频谱中直接看见它所存在的频率内容。短时傅里叶变换调解这两类信息,因此它被称作是一种“时频图像”(time-frequency representation)。采样声音通过分析窗口被切片后变成一种连续的瞬间,傅里叶变换随之一点一点滑动着随时间而变化的整个波形,计算出一段声音信息(一连串的瞬间),声音的进化方式是以频率的内容来代表的整个时间。

声谱图与频谱图不同是,声谱(语谱)表达的是随时间变化的连续频谱,可以呈现出音乐音响过程中的连续变化信息;而频谱只是反映出声音采样的一个点信息,音质密度的波形横截面,不能包含一段音乐的信息。

2.1.6 曲式模型图谱

曲式模型图谱(Maquette)是带有时间线的特殊容器(参见例8)。“模型”中既可以放置任意音乐对象(打包的 MIDI 文件或波形文件等),又能够放置一种叫做“瞬时盒”(Temporalbox)的特殊对象。在“瞬时盒”中可以装入其他 Patch 甚至是次级 Maquette。这类模型图谱常见于电子音乐的设计方案中,如有必要,拼图中的模块可以是预制音响,也可以乐谱形式细化地表示出来,以供乐器演奏家现场演奏用。

例 8 曲式模型图谱



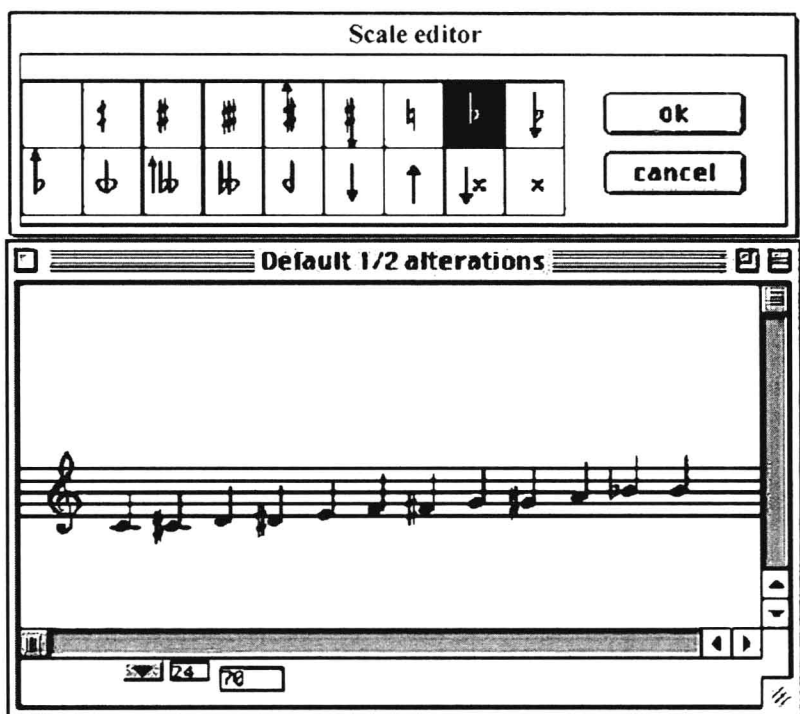
在 Maquette 中的曲式结构拼图

在曲式模型拼图(Maquette)中可以安排各种已经完成的局部音乐编程拼图素材,并在框图中以自己乐感或其他依据来拼贴这些素材。这些素材可以是MIDI类自动生成的,可以是独立MIDI文件,可以是波形文件或实时音频输入的、并加以变形处理的信号。

2.1.7 微分音

频谱音乐的音高材料主要来源于谐音或非谐音频谱音列,而其中各分音的相对精确的音高只有用分辨率较高的微分音来表达才能正确反映出和声频谱的本质,所以微分音记谱法与演奏法在频谱音乐中占有特殊重要的地位。

例9 OM中各种分辨率的微分音均可显示和被演奏



OM 音阶编辑器可完成所有自然律制和人工律制音阶的设计

频谱学派在前辈先锋派微分音的基础上逐步确定了包括 $1/4$ 、 $1/6$ 、 $1/8$ 和 $1/16$ 精度的升降记号,它们与常规记谱法的升降号体系完美地共存于同一记谱体系之中;并依靠对滑音轮(Pitch-bend)参数的 MIDI 控制,由第三方为 OM 开发了专门的微分音 GM 标准的 MIDI 音源。

2.1.8 混合记谱法

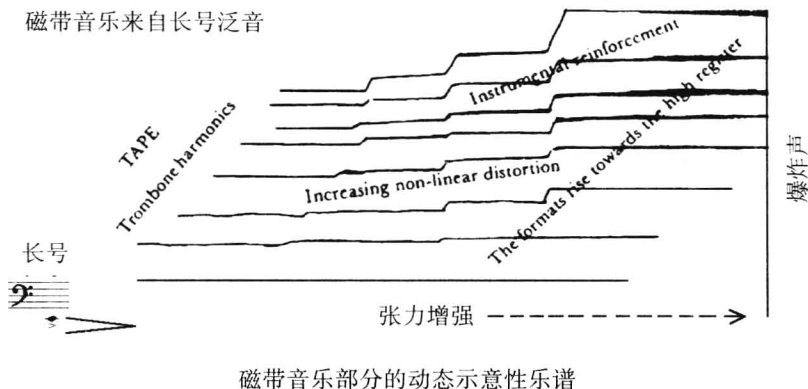
频谱学派在他们的乐队音乐中为了保持微分音的音高材料和复杂的音色材料得以轻松获取,常在作品的慢板段落中使用弦乐器和管乐器控制演奏,而最好办法是使用电子或数字手段进行控制,尤其是使用便携式合成器来代替之前的磁带回放技术。这样,就需要使用一种图、谱、文综合性的乐队总谱写法来进行创作。当然,这类记谱形式在里盖蒂(G. Ligeti)、希纳基斯(I. Xenakis)或斯托克豪森(K. Stockhausen)的先锋派音乐中都能找到,但频谱学派更注重对音乐过程作较为精确的控制,而不是以即兴的方式作一个大致上的把握。另外,作曲家不愿意让电子音乐部分和常规乐器部分形成分立的局面,从总谱写作的开始就让整个乐队的音响织体相互对比,相互模仿,互为主仆,融为一体。

例 10 是米哈伊在为 17 件乐器与磁带音乐而作的音乐《裂变》中使用的记谱法。最上方乐器组是电子乐器,它除了使用传统记谱形式外,还用了许多示意性音响和演奏指导性的先锋派图形记谱,与斯托克豪森电子音乐的记谱有某些相似之处。《裂变》的节奏划分单位(非节拍)采取了比例记谱法。它没有记拍的基数,“小节线”即是记数单位(分秒帧/比例)的起点,所有长音音符没有拍数,并骑在“小节线上”。这与顶部 4 行的磁带音乐部分保持了谱面视觉的高度统一。

例 10 米哈伊的《裂变》

为了整体风格的统一,作曲家尽可能地在其他常规乐器声部中也加入了同类的记谱法;在局部地方,磁带音乐部分还使用了文本加图形的混合记谱法,如例 11。

例 11 《裂变》结尾处包含磁带音乐部分



例 11 是《裂变》的结尾处,磁带音乐部分的内容是基于长号 E2 音采样谐音频谱,它采取了图形、文本和表征的混合记谱法,明示了控制声音的密度、失真和趋向等。

在传统的记谱法中,一般不能包含音乐的音响信息,而只包含给演奏者所下达的一套演奏指令,音色则是由演奏家所选择和控制的乐器所决定的。例如,同一份乐谱如果使用任意的乐器演奏,我们获得的音乐信息基本没变,但音响(音色)就完全被改变了。由于频谱音乐关注于音色和音响的创造及变形,对电子声部的音色,如泛音、织体和音量等,因此普遍使用了这种集音色调制、音响控制等各参数捆绑于一体的“乐谱/图形记谱法”。

2.1.9 小结

事实上你会发现,频谱作曲与常规作曲一样,几乎都是“有谱的”,而非即兴的。它具有在传统记谱法的基础上,辅之以音响表征——抽象的音响形态图形表达的特点,与先锋派偏爱个性化手写谱不同的是,频谱音乐多数使用计算机绘谱。其原因有三:一是频谱学派自身的实用主义属性要求记谱法的通用性;二是在音响性乐队作品或电子音乐作品中又要求具备音响表征和技术性指令以便实时控制;三是由于计算机标准绘谱程序的发展适应了乐团及音乐出版商对乐谱标准化的要求。

2.2 音高材料来源

1850年德国物理学家霍尔姆兹(Hermann Helmholtz)发现了泛音数量及其权重关系决定音色(音品)改变的原理。由此我们知道,所有的乐音都是复合波,即由基频和与其之上方同时发声的整数倍和非整数倍的泛音列(Overtone series,微弱发虚的谐音)所构成;可以通过快速傅里叶的时域——频域转换所得到的泛音列各点频率之间所构成的比例图像获得频谱,它对乐音源的特质分析具有重要的参考作用。由于频谱学派的音高材料主要来自于对声音频谱分析的结果,所以,关注音色就必须关注单个音的频谱,这是频谱学派探索旅程的起点,通常也是终点。

由于物理声学、音乐声学和基本乐理中对某些乐音和噪音的概念表述不太一致,常常会造成不同语境对话时的混淆现象,直接影响讨论频谱音乐时的信息沟通,故有必要先将与声音频谱相关的几个重要术语进行限定。

泛音(Overtone):乐音基音(Fundamental tone)之上的倍频程虚音(倍音),又称分音(Partial)。泛音指不包含基音的整数倍或接近整数倍的复合音成分,而分音则指单个乐音鸣响时所包括的基音和泛音的所有复合音成分,此概念多存在于物理声学的语境中,用于描述非整数倍的复合音成分。谐音(Harmonics):特指整数倍或接近整数倍的各分音。泛音、分音和谐音都是对同一个事物的不同角度的描述。泛音:不包含基音的谐音,基音标记为 f_0 ;基音上1倍频率的分音称为第1号泛音,2倍音称为第2号泛音,等。谐音:包含基音和整数倍的分音,基音为1号谐音,第1泛音为2号谐音,以此类推;分音:包含基音、谐音与人工变形的非谐音,序号从基音开始计数。

上述概念经常交替使用,关键在于不同目的和角度。有时,仅谈及音色的频谱特征时,三个概念可以互换使用;在谈及复合音之间的比例关系和计算时,则可以使用分音或谐音概念,因为它们序号等于整数倍(弦长比例)。如5号分音和1号的关系即是5:1,4号和3号分音的关系是4:3,等等;假如我们代入了当前分音的频率,便可以算出另一个相关分音的频率。如果仅表述非谐音频谱中各音之间的关系时,那就只能使用分音概念了。

2.2.1 谐音频谱

早期的频谱音乐以解构单一音响采样为主要的音高材料来源,尽管这种采样没有主导动机,没有特定律制和调式音阶,但建立在一个基音之上的一串谐

音或非谐音即可被认为属于同一个泛音列,也就具备了类似“音阶体系”或“调性调式”的某些特征。1978年法国频谱学派创始人格里赛在德国达姆施塔特上课时提出了将放弃使用动机,而转向以音色作为主要元素作曲的想法时说:“作曲材料仅仅从音源的响度和亮度的自然增长时的宏结构改变中获得,而不用其他方法。”^①

频谱作曲家对于时间和空间的关系非常看重,特别是格里赛的音乐,它常会使用一个复杂的音响分析结果来创作音乐。这种音乐就像是一段被冻结的声音,它一直处在缓慢溶解的过程之中,给人以静态或催眠的感觉;但乐队音乐中又时常带有乐器突变的演奏力度形成音色质感变化,并模仿如混响和回声等多种效果,使音乐保持一种藕断丝连的连贯感觉,同时,也彰显了一种时代精神。频谱作曲家常常将声学的物理现象以类似电影中超级慢动作镜头回放的方式,向听众逐步展示一个乐音或噪音的起振、衰变、保持和消失的过程,如此,便完成了一个典型的频谱早期音乐设计。

(1) 傅里叶系列

傅里叶理论(Fourier's theory)是频谱分析的基础。每个频谱学派的作曲家都需要或多或少地了解“傅里叶变换”理论,否则就没有“频谱”可言。

傅里叶系列(Fourier Series)原理是1807年法国数学家傅里叶(Jean Baptiste Fourier, 1768-1830)创立的。他发现,任何声波或其他复合波都可以分解成多层叠加的、同时发声的正弦波来表示,也就是说,所有的乐音都是复合波,都可以视为一系列正弦波不同相位、不同振幅、不同频率的组合。这种组合是通过“时域—频域”的信号变换所获得,被数学界、物理学界称做“傅里叶系列”。

(2) 傅里叶变换与频谱

任何声音都可以理解为无穷多个不同频率的正弦波信号之和,这是谐音分析的基本概念。在今天的数字信号中,需要将时域信号 $X(t)$ 变换到频域表达,从而得到信号的频谱,才能进行声音信号的频谱分析。这种函数的时域和频域的变换关系在数学中被统称为傅里叶变换。在频谱分析合成系统中,最常用的工具是离散傅里叶变换(Discrete Fourier Transform, DFT)和快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform, FFT)。

^① Gerard Grisey, “Did You Say Spectral?”, *Contemporary Music Review*, 2000, 19, 2000 OPA.

(3) 离散傅里叶变换

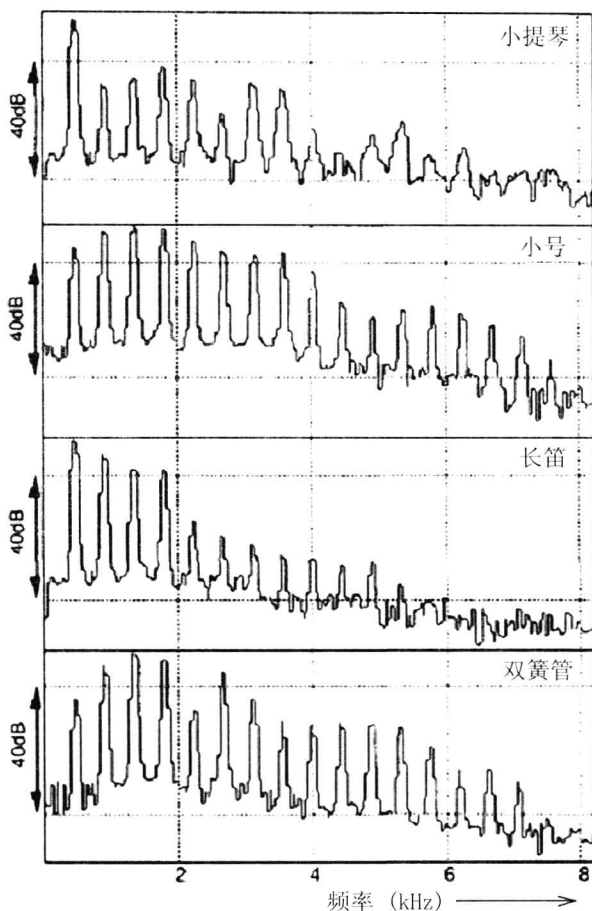
在数字理论中被称作“离散傅里叶变换”，实际上就是当数据从一域(Domain)转换到另一域时的一种数字(或文件格式)上的转换。所谓离散傅里叶变换也就是有限长、离散信号的傅里叶变换。一般来说，频域信号按周期和非周期、连续和离散原则可分为四种，即连续非周期信号、连续周期信号、离散非周期信号和离散周期信号。而离散傅里叶变换是一种从时域离散到频域离散的变换，以满足计算机进行信号的频谱分析。

(4) 快速傅里叶变换

快速傅里叶变换是离散傅里叶变换的快速算法。由于直接用离散傅里叶变换分析时，计算机的工作负荷太重，为此便采用了 DFT 的快速算法，即快速傅里叶变换，从而使离散傅里叶变换在声音的分析(Analysis)方面获得广泛地使用，而在声音的合成(Synthesis)方面则采用逆向快速傅里叶变换(IFFT)方式进行。

例 12 是小提琴、小号、长笛和双簧管在演奏 A4 音(440Hz)时通过快速傅里叶转换所获得的频谱。从中我们可以看到，四个乐器的最大分音振幅都调校至同样的高度。小提琴的基频强度最大，高两个八度第 4 分音 A6 较强，形成共鸣，第 9 分音后开始出现噪声波，通过此信息可以想象，这把小提琴演奏 A4 的音色较为松弛和较为通透，并伴有较明显的弓弦摩擦时的毛糙声。小号基频强度小于第 2、3、4、5 分音，后续分音响度跌落线性较好，说明这个音色很硬且很亮。长笛说明它的质感坚硬，但不太明亮。近距离录音获得的双簧管样板十分接近小号的音色(参见第 2 和第 4 行采样频谱)，质感实在，色彩明亮。

例 12 小提琴(Violin)、小号(Trumpet)、长笛(Flute)和双簧管(Oboe)演奏
A4 音符(440Hz)的频谱



高次谐波所占比例越大音色越明亮,“金属感”越强

频谱学派对各种乐器、人声的发音状态和音色成分,包括基音、分音、能量、扩散度、听觉效应等的参量进行测量分析后,以科学的物理方式进行电子音乐或音响的合成;或者将电子声学概念转化、映射到作曲的“基本技法”后,再进入器乐曲或声乐曲的写作过程之中。

众所周知,作曲四要素中最重要的便是音高材料,如传统作曲家使用的七声音阶、五声音阶、蓝调音阶,或是大小调式、人工调式等来构成旋律与和

声,将会决定他们作品的风格。因为在调性音乐中,音高材料占有绝对的优先地位。频谱作曲家和其前辈的许多法国作曲家一样,各种音高材料组合所形成的音色则是他们最为看重的要素之一,而不只是音乐的主导动机或主题。

例 13 是一个在 E1(41.2Hz)音泛音列中的 1-32 分音,微分音的分辨率(窗口尺寸)可以是 1/4、1/6 或 1/8 等。

例 13 米哈伊的《以太》(Ethers)的长号泛音列

Partial: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

1/6 1/4 1/4 1/6

Partial: 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

1/6 1/4 1/6 1/6 1/4 1/6 1/6 1/4

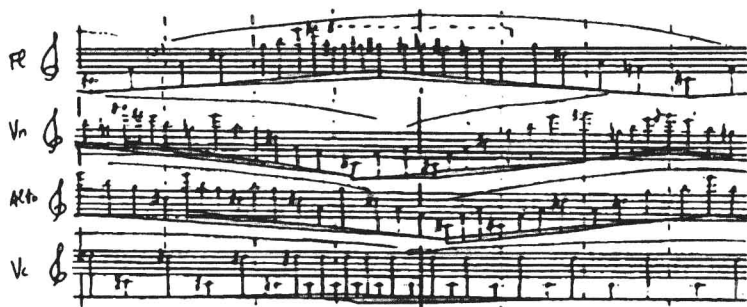
E1(41.2Hz)音泛音列中的 1-32 分音

(5) 泛音扫频

例 14 米哈伊的《以太》体现了音高材料取自于谐音频谱并直接用于作曲的可能性,该曲以长号 E1 上的 1-32 号泛音列为音高材料,在乐队多个声部的配器中使用了全频扫频的泛音列运动音型,其演奏速与音程密度的改变保持同步——密度越大速度越快。它的效果类似一个高叠的快速分解和弦加“准半音阶”进行。高次谐波本应是微分音音列,但讲求实效的频谱学派为了演奏的便利,通常在快速乐段中使用平均律音阶。

尽管这类快速泛音列演奏手法在许多先锋派作曲家那里都曾被使用过,但他们大多不采用“实音化的泛音列”,也很可能只使用象征性的“简略记谱法”,如滑音线表示,作弦乐器真正的泛音列滑奏处理。

例 14 米哈伊的《以太》



泛音扫频类似快速的高叠分解和弦加高次谐波的准半音阶进行

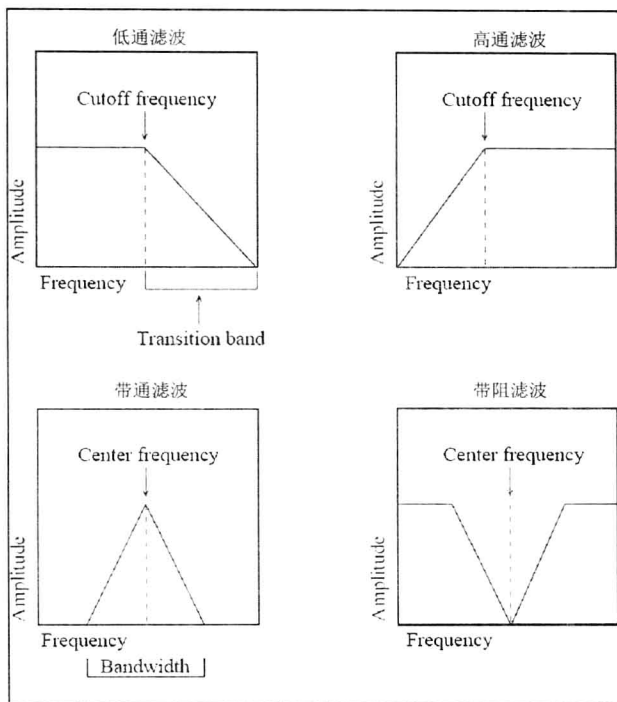
2.2.2 合成频谱

(1) 滤波器

电子滤波器(Filter)的核心是一个选频电路,它的基本功能就是允许或阻止一部分频率信号的通断控制。在滤波器中,信号允许通过的频率范围,称为通带;反之,信号受到很大衰减或完全被切除的频率范围称为阻带;通带和阻带之间的分界频率称为截止频率(Cutoff)。

按所通过信号的频段可分为低通(Lowpass)、高通(Highpass)、带通(Bandpass)和带阻(Bandreject)四种滤波器(见例 15)。低通滤波器允许信号中的低频或直流分量通过,抑制高频分量或干扰声;高通滤波器允许信号中的高频分量通过,抑制低频或直流分量;带通滤波器允许一定宽度频段的信号通过,同时抑制低于和高于该频段截止点以外的信号或干扰声通过;带阻滤波器恰恰相反,它抑制一定频段内的信号,允许该频段截止点以外的信号通过。

例 15 滤波器基本类型



低通、高通、带通、带阻滤波器

(2) 频谱学派的滤波器概念

声学实验室的音响工程师使用滤波器处理声音信号是非常普遍的。频谱作曲家为了使频谱的泛音列受限在一定的范围内而有目的地选取有限的分音，以避免泛音列完全同构所形成的单调感，创造性地借用了滤波器的概念（并非技术）来获得音高材料的变化。与电子滤波技术同理，也可分为高通、低通、带通滤波或梳状滤波，采用“滤波”算法将不必要的音从音列中去除。

(3) 梳状滤波

梳状滤波 (Comb filter) 是一种等比间隔的多重带通滤波器，其 20Hz—20kHz 的频谱曲线特性像梳子般间隔起伏，故称为梳状滤波器。作曲家借用这一方法对泛音列进行等比间隔的筛选处理，如以二选一、三选一的方式去除某些音，就会呈现出起落有致的频谱，其结果类似“梳状滤波”技术（参见例 16）。

例 16 是米哈伊通过去除偶数分音（左侧）和隔 2 去 1（右侧）的处理后所获

得的不完全频谱音高材料,其结果较为接近纯方波(pure square wave),类似单簧管的音色。

例 16 米哈伊的《以太》



通过滤波后的梳状滤波频谱(米哈伊手稿影印)

例 17 格里赛的《调制》中以五个半音下行的菱形音符(第三行)为基音的泛音列和与之倒影镜像的沉音列对称渐变的方式滤波。基音是第一和第二行中的菱形音符,其目的是产生由谐音渐变至非谐音,再回到谐音的音响张力改变过程。泛音列的基音和沉音列的基音之间的连线(二、三行菱形音符 $\times 4$ 、 $\times 6$ 、 $\times 8$ 、 $\times 10$)说明了两个菱形音符的倍频数(对数级),即上方音是下方基频的第几个谐音。

例 17 格里赛的《调制》(Modulation, 1976—1977)^①



泛音列与沉音列的倒影滤波(注意下行的菱形音)

频谱学派还发明了一种分组进行的渐次移位的“相位滤波”(Phasing filter)方法,如 1204、2305、3406……这是一种在运动中所产生的可变滤波。

在例 18 中,作曲家将小提琴 3(Vln3)的定弦故意调低 $1/4$ 音,小提琴 4 调

^① Francois Rose, "Introduction to the Pitch Organization of French Spectral Music", *Perspectives of New Music*, Vol. 34, no. 2, 1996.

低 $1/6$ 音,小提琴 5 调低 $1/4$ 音,中提琴 3 调(Vla3)低 $1/6$ 音;四个分音音组形成一组模进,每一组中除了弦乐器外,还叠加了不同的木管、铜管、打击乐、钢片琴和竖琴等乐器。格里赛认为^①,这种纵向乐器间存在微差音高的音色组合可被看作是不同的音色间的对位——频谱复调(Spectral Polyphony)。此外,还使用了一种所谓“插值”(Interpolation)技术,它可以形成一个由若干和弦组成的音响密度逐步改变的“渐变和弦系列”。这样做的目的是创造出一种色彩性、过渡性的和声效果,它完美地实现了德彪西、欣德米特和艾伦·福特对色彩性和声张力过程进行有效控制的夙愿。

例 18 格里赛的《调制》

2.2.3 非谐音频谱

所有基频之上可整数除尽的声音成分都被称为谐音(Harmonics),所有基频之上非整数除尽的声音成分都被称为非谐音(Inharmonic)。乐音原本是由谐音列组成的复合波,但如果打破了这个规律,将其改造成非谐音列后,便会产生新奇的非谐音频谱音色。由于这种声音中各分音的波振动仍处于有规律的状态,故不等于噪音,仅仅是包含着更多的噪音成分而已。当然,从某种角度看,任何乐音中都或多或少包含着一定量的噪音成分。

在频谱音乐中并非所有分音都能够在八度转移后还能继续保持谐音特征,只有基频音及其基音上的所有八度分音是纯音程,其他分音在若干次八度转移后都将可能成为非谐音。频谱音乐的非谐音频谱更主要是来自于对泛音列整体的压缩或扩张所产生的畸变;此外,非谐音还可以使用频率调制或环形调制等技术获

^① Francois Rose, "Introduction to the Pitch Organization of French Spectral Music", *Perspectives of New Music*, Vol. 34, no. 2, 1996.

得;存有微弱音高差异的音色采样直接叠加发声也是一种简单却有效的方法。

频谱中的分音转移或音程变形所形成的非谐音是一种常用的手段,它看似很像一个泛音列,但听上去却会感到这是一种频谱丰富、有一些金属感的谐和“噪音”。例 19a 是建立在 C1 音的自然泛音——谐音列,例 19b 是拉伸变形的非谐音列。

例 19a C1 音之上的自然泛音频谱



例 19b 在 C1 基音之上以 1:1.1 的比例将频谱整体拉伸后形成一种失真频谱(Spectral distortions),它不仅仅创造出新的音色,还会强化一种心理声学现象,即人耳在低音区至高音区的音准会产生一定幅度的拉伸偏移感。如在正常频谱的低音区,主观听觉要求比实际偏低才“正常”,反之在高音区则要求偏高;而压缩频谱会要求降低这个虚拟基音,扩张频谱则会要求提升基频的音高。

例 19b C1 音之上人为拉伸变形的非谐音列



在米哈伊的《沙丘的精神》(L'Esprit des dunes)中有两个建立在低音 D 上不同的扩张频谱,这就要求低音提琴演奏者演奏时将低音比平时升高才能与自己的“心理音准”相抗衡。在这部作品的西藏大唢呐的泛音列中,我们可以清楚地看到 1、2 号和 3、4 号分音之间的音程被压缩了,这便产生了一种图像被挤变形后的视觉效果——完全真实但非正常,如同哈哈镜的效果。在乐曲第二部分,作曲家通过增加不同种类的滤波技术来夸大音程之间的“自然变形”,旨在描绘沙丘在海风的作用下所出现的各种波浪式的变形纹理。

在米哈伊的另一部作品——为 17 件乐器和磁带而作的《裂变》中,也通过

使用渐进式的变量改变来为整个乐段产生谐音和弦的序进。这部作品的第 VI-II 部分从一个建立在虚拟基频 $C^{\sharp} 1$ 音上的谐音频谱开始(参见例 20 和例 21)。这个频谱的基频 $C^{\sharp} 1$ 音并未出现,它通过这个虚拟基频音之上其他分音的滤波、转位和半音化上行级进,逐渐扩张,产生出一串第 3 和第 21 号分音的特殊音高(见例 20 的第一行和第二行谱)。在最后一步,和弦的顺序被改变了。一些音从频谱中被滤除,而一些新的音被人为地增加进去,以增强作曲家想要强调的音乐中的高光点。

例 20 米哈伊的《裂变》

21st harmonic

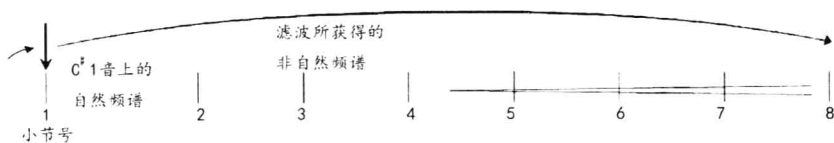
3rd harmonic

(Fund.)

($\sharp$) (并未出现的基频音)

泛音滤波和弦

例 21 米哈伊的《裂变》,自然频谱走向非自然频谱



引子处基于 $C^{\sharp} 1$ 基音之上失真频谱

2.2.4 音色和声

频谱学派认为,自古以来,绝对音高概念的存在似乎始终困扰着一些作曲

家,他们的听觉似乎永远不能适应十二平均律的和声音响。经过思考,频谱学派决定不再区分传统作曲要素中的音高、音色与和声概念,而将乐音自然泛音的实音化叠置即看作和弦,这种特殊“和弦”即代替了由各种律制所形成的音阶。音色和声可分为“频谱和声”与“频率和声”。频谱和声即由泛音列的实音化而产生的和声,其音响在通常情况下较为自然谐和,这似乎遵循了音响生态学的自然法则。但要想获得更多的泛音改变和不谐和音响,就必须用“反生态学”的方法,如频率调制、环形调制、振幅调制和频谱压扩等技术,米哈伊称之为“频率和声”^①。频谱和声和频率和声的处理技术便是频谱学派的镇店之宝。

频谱学派的音色和声不同于传统概念的三度音程叠置的和弦。那些人耳难以辨别的复杂声音的集合在被指认为“和弦”的同时,又体现着音色合成的过程,换句话说,就是存在着所谓的“和声进行”;不仅如此,音色和声还与电子音乐使用环形调制所产生的不可分解的音块(Indissoluble blocks)相联系。和声音色的每个成分都具有频率、强度和表明起止点位置的数字,频谱音乐的和声不是旋律的附加物,而是将结为一体的线段音响或点状音色解构成为和声。例 22 是米哈伊《失去的领地》(Territoires de l'oubli)中的“音色转变为和声”设计。

例 22 选自米哈伊《失去的领地》



米哈伊手稿复印件

例 22 中钢琴的重复模式持续若干次,同时钢琴踏板在低音 G 保持住,因此 G 音将凸现出来,形成了 a 动机的三音组频谱模式;随后 G 音才被真正地演奏;就在此时,a 动机便被 b 动机所接替了,完成了一次音色频谱至和弦的转变。

在米哈伊音乐中的“和声”概念已经被替换为“音色和声”(Timbre harmony),即将“多声部音乐各乐音的纵向组合与横向进行”的“传统和声”定义替换为“单个音之内或单个音之间多重分音的纵向组合与横向进行”的“音色和声”

^① Tristan Murail, "After Thought", *Contemporary Music Review*, 2000 Vol. 19, OPA N. VI.

定义。音色和声之所以成立,我以为是因频率作曲主要在声音内部的微观世界展开,将乐音所特有的泛音列以微分音的分辨率显现出来,发出晶莹剔透、闻所未闻的“人工合成”音响。泛音列中每个实音化的音高都成为新的、和弦式叠加的基频音,它们又会带有各自的泛音列。这就好像是将水晶体的多棱镜置于“光源”之下,直接观察水晶的七彩光波一般,变化无穷,绚烂夺目,非常令人着迷。不过这样的过程如果持续的时间过长,和声进行便会产生一种“动态的凝固感”,类似电视节目中的“动感图标”。

但同时,米哈伊又觉得:“如今和声的功能经常被弱化到只起装饰性的作用,现在已经到了不得不重新考虑和声中的音色角色与曲式结构的关系了。”^①当然,这样的思考并不仅限于频率音乐的范畴,在传统音乐中,和声通过与旋律线和曲式结构的映射,赋予了调性音乐以主要的结构力。

由于频率音乐的音高材料多数来自于频率分析结果的外现轮廓和分时延展,所以多声部音乐的纵向音响结构过程中,的确存在着一种非自然生态的和声现象——音色和声。提出这种看似荒诞的音色和声概念的理由主要有两个。一是和弦可以不由多个乐音叠加,而由是一个乐音(复合音)的基音加上其泛音叠加而成的。在非常安静的环境中,我们的确能听到当一个单音在鸣响时随演奏力度的改变而改变的被激发泛音的数目和比例,音色便产生了一定量的变化过程,从而形成微弱的和声进行感,即同一基音之上泛音多寡的横截面及其延续,而这一技术的运用在意大利前辈作曲家塞尔西(Giacinto Scelsi)的单音作品中体现较多。二是通过波形叠加、调制的办法获得和弦材料与和声进行,如频率调制、加法合成、减法合成、幅度调制,使用这些从电声学中借鉴的方法可以有效增强单个音的声能密度改变和音色频率落差,从而可以形成紧张度较强的、类似传统和声中的“功能进行”。

(1) 电声学中的频率调制

频率调制(Frequency Modulation)也可以简称为调频(FM),它是电子合成音乐中是最有效的技术之一^②,最早由美国斯坦福大学的约翰·卓宁(John Chowning)博士发明。20世纪60年代,卓宁博士在斯坦福大学作无线电FM调频广播发射中的调频技术研究中,开始尝试使用不同类型的颤音对载波频率

① Anthony Cornicello, *The Faculty of the Graduate School of Arts and Sciences*, “Timbral Organization in Tristan Murail’s *Désintégrations and Rituals*”, Brandeis University, Music Program.

② 李春芳:《频率调制(FM)合成技术》,摘自 <http://www.uaudio.cn>.

进行调制,他发现当调制信号的频率增加并超过某个点的时候,颤音效果就在被调制的载波信号中解构了,取而代之的是一个全新的声音波形。

最基本的 FM Instrument 包括 2-6 个正弦波振荡器,至少一个是稳定不变的载波体 f_c (frequency carrier), 另外的一个或几个可作为频率调制体 f_m (frequency modulation)。调制体除干涉载波体外,还可以自我调制,用以形成更为复杂的结果。载波体和调制体都是有频率、振幅、波形的周期性或准周期性的振荡器。载波频率被加在调制器的输出上。载波振荡器是一个带有 f_c 频率的简单正弦波频率,当调制器发生时,来自调制振荡器的信号,即带有 f_m 频率的正弦波,驱使载波振荡器的频率向上或向下变动,比如,一个 250Hz 正弦波的调制波,调制一个 1000Hz 正弦波的载波,那么意味着载波所产生的 1000Hz 的频率,每秒要接受 250 次的影响所产生的调制(干涉)。这样一来,纯音正弦波的周期规律就被新的调制波周期所打乱了,从而产生出一个新的复合波。

在频率调制技术中,调制体的振幅同样对频率调制起关键作用,调制信号的振幅是 0,就不会出现任何调制;而调制波的振幅过大,音高就会产生剧烈的上下晃动,演变为噪声波。因此,在频率调制过程中,我们可以归纳出调制体与载波体的相互作用及关系:调制体的频率影响载波体的频率的速度变化;调制体的振幅影响载波频率的深度变化;调制体的波形(或音色)影响载波频率的波形变化;载波体的振幅在频率调制过程中保持不变。

一个较容易理解频率调制技术的范例是小提琴家的揉弦,没有揉弦的小提琴声音很硬、很亮,还有点噪音。小提琴家通过手指和手腕在琴弦上快速颤动的揉弦,使琴弦的长度发生快速变化,其频率也随之变化,从而最终影响小提琴音色质感的柔和度。

(2) 频谱作曲家理解的频率调制

直接以电声学中的频率调制来进行常规作曲,对于作曲家来说是非常困难的事,因此不得不将其转换并映射到作曲家可以理解的概念范畴。在多数情况下,频谱学派为了给自己的音乐以一个理论的支点,便会借用一些科技概念来作类比,于是将频率调制作为“乐器合成”(Instrumental synthesis)的其中之一的方法用于常规作曲中;其计算难度仅在较初级的算数水平或使用手持式科学计算机器即可。米哈伊认为频谱和声的发展很稳定,并得到科学技术的大力支持,但音响过于稳定,他提倡的是另一种较为特殊的和声,称作“频率和声”(frequency harmony)。米哈伊认为用频率和声要比使用传统的频谱和声更为有

利,因为它所包含的泛音远远不只存在于自然频谱中。可以用各种滤波和调制的方法可以得到自然泛音频谱之外的和声,而且还可以创造出新的泛音(或者说是音色),与符合物理自然属性的频谱和声不同,这种和声是真正意义的创造。事实上,他的大部分作品的结构基础并不是直接基于频谱视角,这也就是他所说的频率和声。频率和声是在平均律制之外构建起来的,可以基于半音、四分之一或八分之一等微分音,甚至在无限多个泛音微分音域内构建,这个域接近于音色空间的概念。在一些频谱音乐作品中常能听见一些很亮的音色,很多人认为这只是作曲家用了一种特殊的配器法。其实,获得明亮音色的主要原因是通过和声、音符、音高创造出来,或者更确切地说,频率和声的音高组织结构与管弦乐作曲法是处于同一高度的。

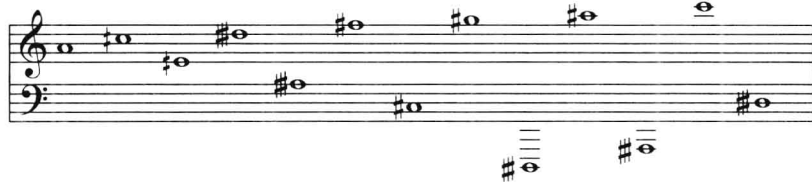
FM 方程式: $\text{freq} = c + (m \times i)$

m = modulator(调制器), c = carrier(载波器), i = index(顺序)

具体方法:取一个载波器 c 音(稳定的),和一个调制器 m 音(变化的),将调制振荡器加到载波器 i 次数并又减去 i 次数。假如 $i = 1$,则合成频率为 $c, c + m, c - m, c + 2m, c - 2m, c + 3m, c - 3m$, 等等。

例 23 米哈伊的大型管弦乐《冈瓦纳》(Gondola, 1980)的开始部分

440 540 340 640 240 740 140 840 40 940 -60 104 -160
 c $c+m$ $c-m$ $c+(2*m)$ $c+(3*m)$ $c+(4*m)$ $c+(5*m)$ $c+(6*m)$
 $c-(2*m)$ $c-(3*m)$ $c-(4*m)$ $c-(5*m)$ $c-(6*m)$



乐器合成的铃声

因此,在 OM 的算法处理中,若在调频函数(Freq-mod)的若将调制器(Modulator)和载体(Carrier)的两个输入端口的连线对调,会计算出两种不同的答案。

米哈伊大型管弦乐《冈瓦纳》的开始部分是一系列乐器合成的铃声,而这铃声逐渐变为一个乐队化的合成铜管音响。这些铃声并不是建立在真实铃声频谱的基础上,而是通过五个载波频率建立在调频合成的基础之上(例 24)。一个单一的调制器作用于所有的载波,这就产生出五个不同的基于调制的泛音列,

并在乐队中演奏出来。在这部作品里,这些和弦都被另一些通过在这些调频和弦之间,运用插值法生成的和弦所完善。

作品中的铃声便是使用 FM 技术合成的。例 24 中,作曲家不仅设计了分解泛音列,还标注了和弦配器方案中的乐器名。以下是《冈瓦纳》开头的材料中两音相互调制,继而生成新材料的方法。一开始,圆号 G3 音作为载体(Carrier A),大号的 G[#] 3 作为调制体(Modulator B),再用下面的方法计算出来。

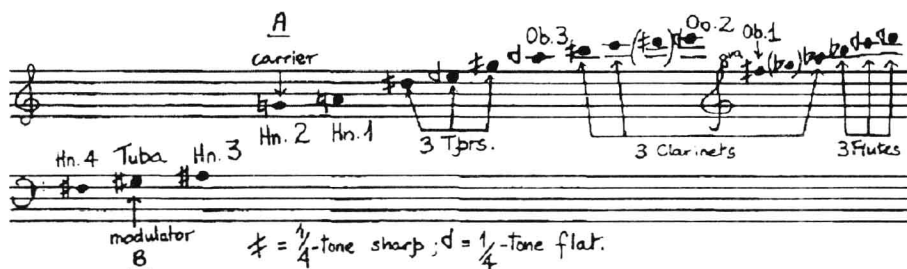
$$(4 + B = 599.65 \text{ Hz [Trumpet 31. A B = 184.35 Hz}$$

$$[\text{Horn 41 A + PB} = 807.3 \text{ Hz}$$

$$[\text{Trumpet 11 A - 2B} = 23.3 \text{ Hz [not played] A + 3B = 1014.95 Hz}$$

$$[\text{Clarinet 31 A - 3B} = 230.95 \text{ Hz [Horn 31 etc.)}$$

例 24 米哈伊《冈瓦纳》的开始部分(米哈伊的手稿影印)



括弧中的音被省略,因为它们几乎是“同音”

这一串音被计算(调制)出来后我们发现,他们之间的音程远远不能整数倍除尽,由此便产生了一串复杂的非谐音音列,而这正是与铃声非常近似的频谱。通过起点两个单一的音,逐渐至非常不谐和的音块,从一开始起动的迟缓,逐渐加速至过程顶端的果断,从而形成明亮硬朗的金属感音色,紧接着出现朦胧的颤音,标志着新一轮调制过程的开始。

上述结果确实令人耳目一新,那个欧洲人想象中的冈瓦纳大陆(连接欧亚黑海和阿拉伯地区)的风土人情、异国情调被作曲家作了高度的抽象。但其作曲材料的准备过程估计会使一大批专业作曲家望而却步,其中许多人并非畏惧困难,而是担心这样将会丧失自己的艺术灵感。

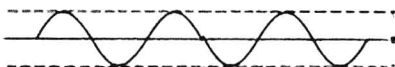
(3) 振幅调制

使载波振幅按照调制信号而改变的调制方式叫振幅调制(Amplitude Modulation, 简称为 AM),经过调幅的电波叫调幅波;它保持着高频载波的频

率特性,但包络线的形状则和信号波形相似;调幅波的振幅大小,由调制信号的强度决定。

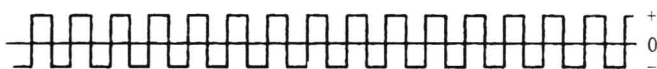
注意下图中特殊波形在放大信号上所产生的效果,振幅按控制波形的直接比例所发生的变化:例 25b 脉冲波经过例 25a 低频正弦波调制后产生例 25c 的周期性改变的调幅波。

例 25a



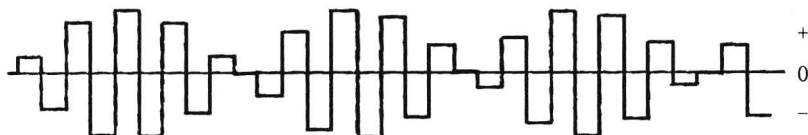
频振荡器发出的正弦波作为调制信号

例 25b



以稳定的、维持的电平放大的脉冲波作为载波

例 25c



调幅音色质感变化不大,但声音形态会发生变化,它取决于调制振荡器的频率、振幅和波形的改变。振幅调制的明显结果是音量周期性的增大和减小,称之为振音(或揉弦)效果。单纯的振幅调制技术在电子音乐和频谱学派作曲中较少使用,而在传统 MIDI 系统的音乐制作或频谱音乐的演奏控制中却会大量使用,以增强虚拟乐器对传统声学乐器的仿真度和人性化。

(4) 电声学中的环形调制

环形调制(Ring Modulation 简称为 RM)是将调制技术直接作用于载波振荡器自身的振幅输入端的一种循环调制技术,产生出一种接近“金属感”的尖锐明亮的激励声,接近铃声。环行调制在英文中还有其他称谓,如平衡调制(Balanced modulation)、双边带调制(Double-sideband modulation)。英文“Ring”这个词既可以是“环形”的意思,也可以是“铃声”的意义,而且环形调制的结果恰好具有“铃声”的某些特征。

环形调制是振幅调制的其中一种形式,在调制过程中,任何两路信号(程序和媒介物)作为输入信号进入调制器,两者信号源中之一必须控制电压;当振幅调制与电压控制放大器相结合时,波形任意组合而产生一系列不同的边带和更多复合波的声音结构,每一个原始波形的泛音都会创造出各自的边带效应;如果使用泛音较多的波形,将会产生出极为明亮的、类似电锯的金属噪音。

在电声系统中,第二次序各音比第一次序组合音的强度要微弱得多,但却足以影响音色。重要的是,环形调制器只在两个正弦波中就能有效产生八个不同强度,因此,起到了很大的修饰作用。

(5) 频谱作曲家理解的环形调制

频谱作曲家理解的环形调制非常简单,它是载波频率和调制频率相互调制而得出它们的和音(Summation tone)和差音(Difference tone),形成不断循环的重复性相加,激励出类似金属感的持续噪声。

例 26 调制体 G^2 与载体 G 的环形调制

The diagram illustrates the process of ring modulation. On the left, two staves are shown: the top staff is labeled 'Carrier=392Hz' and contains a single note on the G line (G4); the bottom staff is labeled 'Modulator=207.65Hz' and contains a single note on the G line (G3). To the right, a larger staff system shows the resulting tones. The first part, labeled '和音' (Summation tone), shows a chord of G5 and D#5. The second part, labeled '差音' (Difference tone), shows a chord of F#4 and C#4. Above the summation tone staff is the number '15', and above the difference tone staff is the number '8'. Below the difference tone staff is the number '15'.

米哈伊《冈瓦纳》的开始部分(与例 24 相同,只是观察点不同)

在例 26 中的具体操作是将 392Hz 的正弦波输入到端口 A 的载波器(左侧),而将另一个 207Hz 的正弦波输入到端口 B 的调制器(右侧),我们会得到 $392 + 207.65 = 599.65\text{Hz}$ ($D^{\sharp}5$) 的和音,与 $392 - 207.65 = 184.35\text{Hz}$ ($F^{\sharp}3$) 的差音(高 $1/4$ 音)。

但这只是环形调制的“第一次序”的组合音,环形调制还需不断循环产生其

他音组的“第二、第三或第四次序”的和音，它在第一次序的和音与差音基础之上循环构成，依次类推。按理论，第二次序各音的和音与差音应如下面所示：

第二序音之和音(Hz)

$$392 + 599.63 = 991.63 (B^b 5)$$

$$207.65 + 599 = 807.2 (A^b 5)$$

$$392 + 184.35 = 576.35 (D^{\sharp} 5)$$

$$207.65 + 184.35 = 392 (G4)$$

第二次序音之差音(Hz)

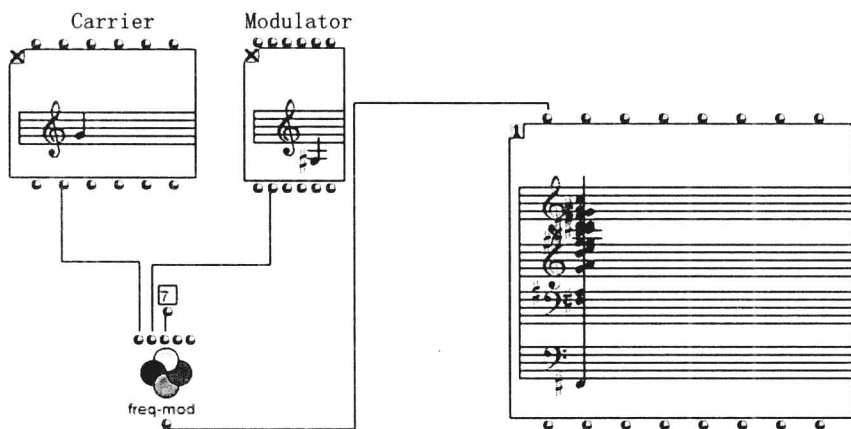
$$392 - 184.35 = 207.64 (G^{\sharp} 3)$$

$$207.64 - 184.35 = 23.29 (F^{\sharp} 0)$$

以此类推。

使用 OM 完成上述计算，就算不懂得频率调制的算法也无大碍，只需要使用 OM 预置的 FM 算法拼图，直接在程序的“乐谱纸”上写入作为载体(Carrier)的音符和作为调制体(Modulator)的音符，按一个执行键(V)即可完成，如例 27。如需微分音则选 1/4、1/6 或 1/8 微分音显示即可，并可用程序自带的 MIDI 微分音音源直接播放结果。

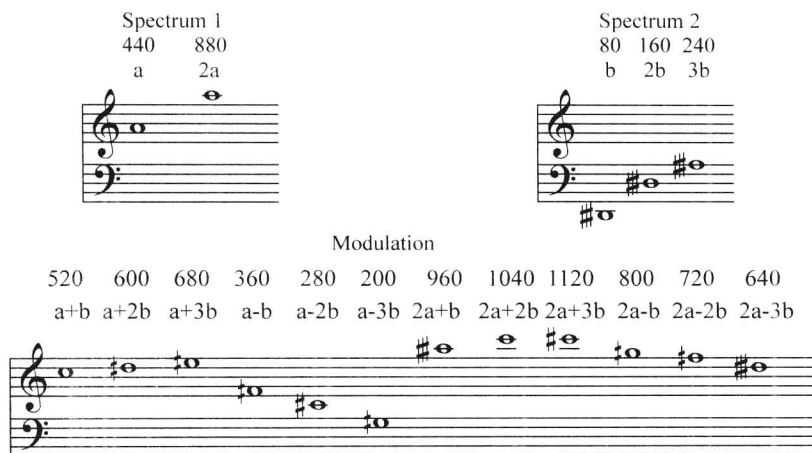
例 27 OM 的环形调制算法拼图



在 OM 中的环形调制易如反掌

例 28 显示了建立在 A4(440Hz)基音和倍音被建立在 D[♯] 2(80Hz)基音和第 2、3 号泛音直接调制的简化算法。

例 28 简化的环形调制



$$440 + 80 = 520\text{Hz}(\text{C}^{\sharp}5)$$

$$440 + 160 = 600\text{Hz}(\text{D}^{\sharp}5)$$

$$440 + 240 = 680\text{Hz}(\text{E}^{\sharp}5)$$

$$440 - 80 = 360\text{Hz}(\text{F}^{\sharp}4)$$

$$440 - 160 = 280\text{Hz}(\text{C}^{\sharp}4)$$

$$440 - 240 = 200\text{Hz}(\text{G}^{\sharp}3)$$

$$880 + 80 = 960\text{Hz}(\text{A}^{\sharp}5)$$

$$880 + 160 = 1040\text{Hz}(\text{C}6)$$

$$880 + 240 = 1120\text{Hz}(\text{C}^{\sharp}6)$$

$$880 - 80 = 800\text{Hz}(\text{G}^{\sharp}5)$$

$$880 - 160 = 720\text{Hz}(\text{F}^{\sharp}5)$$

$$880 - 240 = 640\text{Hz}(\text{D}^{\sharp}5)$$

2.2.5 虚拟基音

虚拟基音是指基频并不出现,而只出现假想基频之上的泛音列,它经常被频谱作曲家用来作谐音频谱(缺乏张力)或非谐音频谱(显现张力)的一种特殊测量与对比。事实上,对于那些失真、转移、非谐音或者调制出来的频谱而言,基音其实早就消失了,或者根本就不存在,但听众的耳朵有可能根据心理的需求,还是会寻求建立一个虚拟基音。其实这种现象我们在日常生活中也有可能发现,如一个小尺寸的钢琴,无论立式琴或是三角琴,其最低的几个音听上去往

往只有泛音而没有基音或其响度很弱,不易辨别确切音高。这是因为它的弦长不够,来不及产生共振加强基音,作曲家或演奏家通常依靠一起弹奏高八度加强的音才会获得这些低八度基音的真实感。因此,依照心理声学将这种效应建模,创造一种虚拟基音的算法来补充频谱中缺失的实际基音。平均来看,较高的虚拟基音就会有较多的谐音或较少的非谐音,反之亦然。使用的目的通常是,谐音频谱以一个真实的基音开始,当它失真时,虚拟基音就移向各个方向;当这种失真越来越接近白噪声时,虚拟基音就会消失,接近 0Hz。

虚拟基音的另一使用方法已经成为了一种组织频谱分析产生的复杂材料,用以控制和声紧张度的特别方法。在芬尼霍夫(Ferneyhough)的《流线——为九件乐器而作》(Streamlines, 1994)中(参见例 29),很多的泛音材料都是由低音提琴的演奏分析而得出。它由快速波动的颤音和压弓的音高得出的频谱,接着又通过滤波,保留了在一特定区域远离基频的频率。虽然都是围绕着由低音提琴奏出的“正常频谱”而产生的“奇特引力”而旋转,但这些和弦都迥然不同。

例 29 芬尼霍夫《流线——为九件乐器而作》



虚拟基音和弦

在同构材料中找到参照点比较困难,因此,在已知它们和声张力的总体特征的情况下,作曲家为这些和弦都计算出虚拟基音。

例 30 虚拟基音



这是例 31 中每个和弦的虚拟基音,它们并不在实际音响中出现

例 31 虚拟基音由低到高的顺序被用来对和弦进行分类



虚拟基音按由低到高的顺序被用来对和弦进行分类(分属于哪个泛音列),一旦产生了基本分类,便可按泛音列距离基音的亲疏关系或传统和声的功能关系建立起符合各种紧张度关系(分属不同泛音列)的和弦。因此,使用虚拟基音概念生成和弦时,必须处于高分辨率($1/8$ 或 $1/16$ 音)的微分音体系之中,不可使用十二平均律,否则,处于高次谐音位置的音在十二平均律中都是等距半音,因此分不清哪些和弦音属于哪个泛音列系统,紧张度也就无从把握。

2.2.6 插值渐变和声

插值与渐变过渡(Interpolations & Morpheus)是电子音乐最重要的展开手法之一。在已知的两个不同状态中求它们之间平滑过渡的过程时,就可以使用插值法。这项技术适用于传统作曲、频谱作曲和电子作曲的各个项目中,尤其是音高和节奏。作曲家可以在其过程中设定过渡的步骤量与变化曲线(Curve),类似于材料变化的加速度^①来得到各种不同但却唯一的结果。

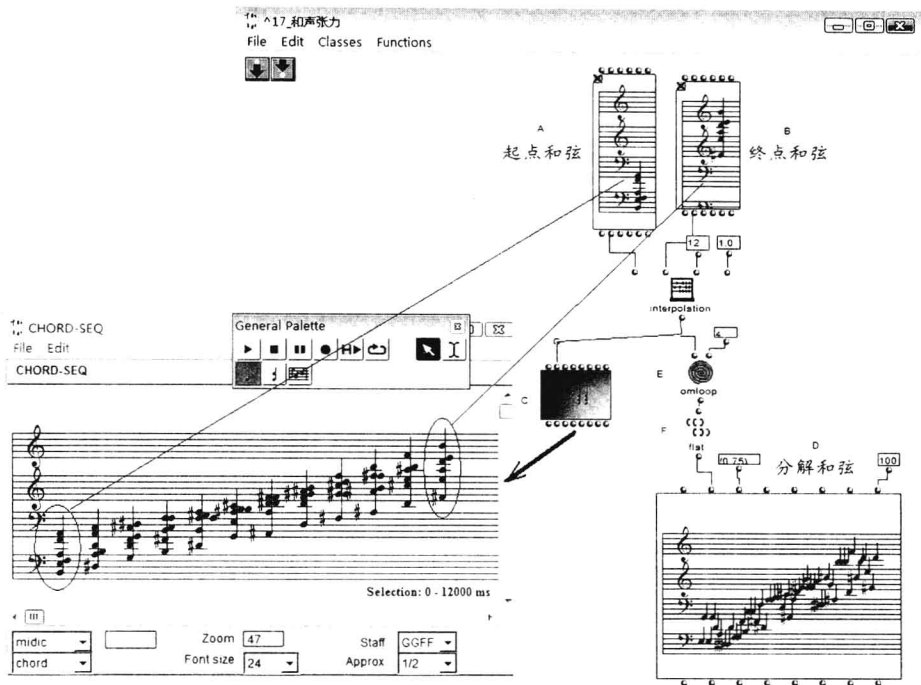
插值渐变和声要求:首先设定起点和弦和终点和弦(如谐和——极不谐和,或反之),再设定用多少个和弦完成这一过渡;设定每个和弦的音长,然后使用插值算法自动发生出所设定的这一串和弦,它会从起点和弦渐变过渡到终点和弦的密度和音响紧张度,从而形成良好平顺的张力改变过程(参见例 32)。

例 32 的具体操作:首先选择起点和弦 A,再选择终点和弦 B,在插值算法中设 12 个和弦,步距设 1.0,执行后便生成左侧五线谱上的 12 个平滑渐变和弦;同时还可以让它产生一个副产品就是右下角的分解和弦,音符间隔 0-75,还可形成标准乐谱。

① 加速度(Acceleration)是速度变化量与发生这一变化所用时间的比值,是描述物体速度改变快慢的物理量。



例 32 插值算法, 12 个和弦的平滑过渡



在已知的两个不同状态中求它们之间平滑过渡的过程时,就可以使用插值法。

在米哈伊为五件乐器和电子音乐而作的《瀑布》(Bois flotté)(见例 33)中,作曲家需要捕捉“音符瀑布”的动态,复杂、快速移动的音群还需要使用频率分析窗来估算出这些音的力度特性。在最初削减了复调的声部数量和删除了那些非常微弱的分音之后,庞大音群的音响效果仍然令人吃惊。

任何一种作曲手法都不会像插值法这样能够体现得出频谱音乐在时间上的持续性。因此,这种创作技法是包括米哈伊、萨哈亚霍等人在内的各时期众多的频谱作曲家所格外推荐的经典手法之一。对于他们来说,插值进程的本身便是材料产生的源泉。此项技术不仅应用于音高,也适用于节奏生成。但值得一提的是,作曲家使用这一种材料发展技术的方式不尽相同。大部分频谱作曲家偏爱使用从 A 状态到 B 状态之间平滑过渡的材料来构成插值;而某些作曲家譬如米哈伊,则常用 A 与 B 两个音级集合的并集来构成 A、B 状态之间的插值。

频谱学派的基本和声观念来自于印象派作曲家线性和声的思维方法。他们常在音乐段落或乐句中设定起点和弦与终点和弦,然后在这两个和弦之间选定渐变过渡的步数与步长,再以延留音或先现音交替变换的方式,在和弦系列的序进中逐渐改变音响张力。

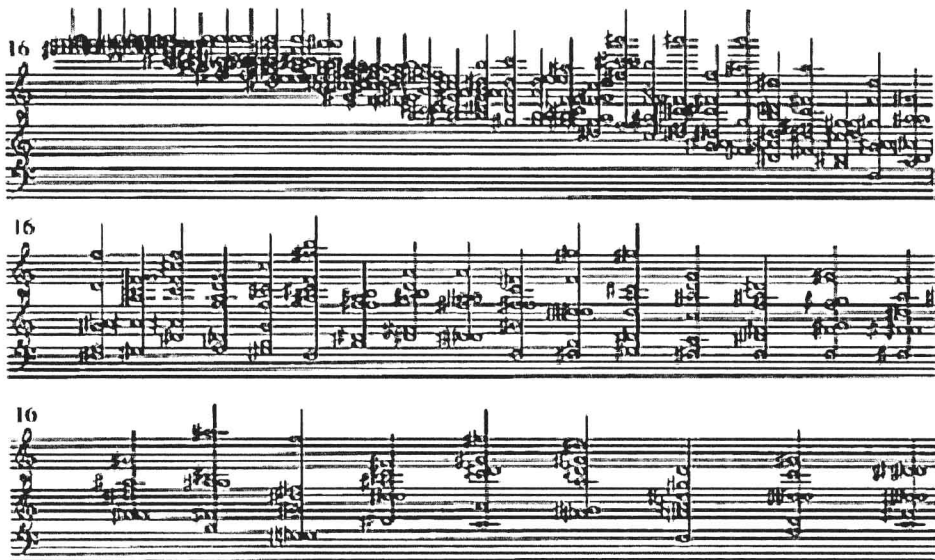
例 33 插值渐变和声(均速节奏)

The image displays four staves of musical notation, each representing a different stage of harmonic interpolation. The notation is complex, featuring many notes and accidentals, illustrating the concept of 'cascading' tension through gradual chord changes. The fourth staff is followed by the text 'etc.'.

张力不断加强的插值和弦瀑布图

为了简化和固定和声色彩,米哈伊通过对频率进行有效的再采样——将和弦两两相组——来减少和弦的数量;他接着用音码器把频率演示出来,并将频率里的每一个音高改至下列泛音积蓄库中的最近的音高。例 34 捕捉了整个频响范围和声的综合色彩。

例 34 使用插值和声与插值节奏在(变速节奏)使音响张力趋于松弛

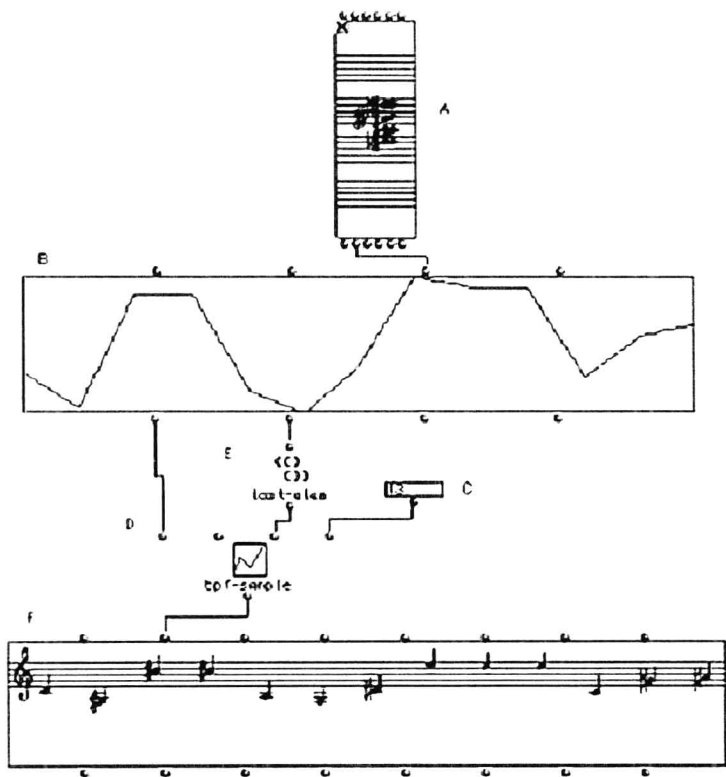


音高与节奏同构的、由密渐疏的平滑过渡段

2.2.7 图形控制的音高材料

OM 为作曲家开发了矢量图形控制算法,即以象形或感觉的方法随机发出控制参数。用矢量图形方式控制音高或其他项目参数的改变是一个非常智慧的方法,它在近似地表达作曲家不太确定的乐思时尤为奏效。在主题动机自由模进或移位过程中,如果你仅想使用一种同构材料的重复手法,如在音高、音符数、节奏组合或旋律进行方向基本不变的情况下重组旋律时,便可以凭感觉自由手绘图形即可实现;还可以同时加入移调或压扩算法,以获得更加复杂但可预见的结果。

例 35 图形化控制的音高改变

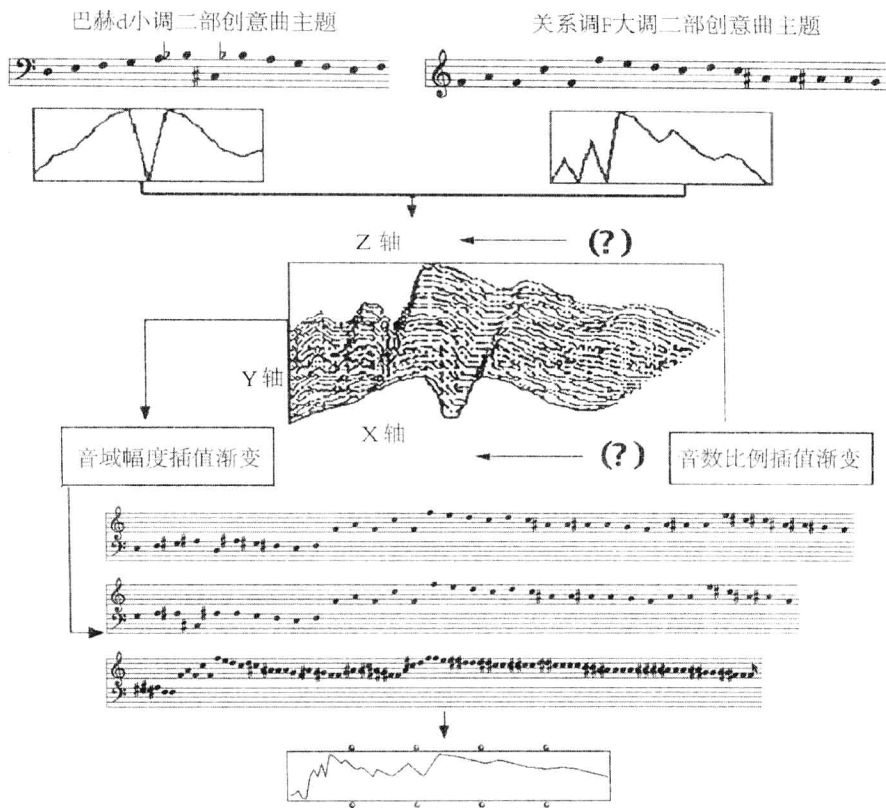


需事先在 Chord 拼图中的“order”状态下输入动机音序

2.2.8 自定义音高材料

作曲家也会经常采用自定义的音高材料,这一点可理解为使用随机算法或混沌理论的结果。与传统作曲不同的是,频谱作曲所自定义的材料的一系列变形处理一般都会纳入到算法自动生成的过程之中。例 36a 是一个奇妙的实验。作曲家为了表示对巴赫这位算法作曲先辈的敬意,采取了“后现代派”的有机拼贴手法,选用了大师的 d 小调二部创意曲作为三维图形的 X 轴,另选他的 F 大调二部创意曲作为 Z 轴,两个主题音高对应所构成的函数便是 Y 轴,从而由计算机自动生成了一个全新的“类巴赫创意曲”,它像是一座包含正面和其他侧面维度的巴赫“三维音乐雕像”。

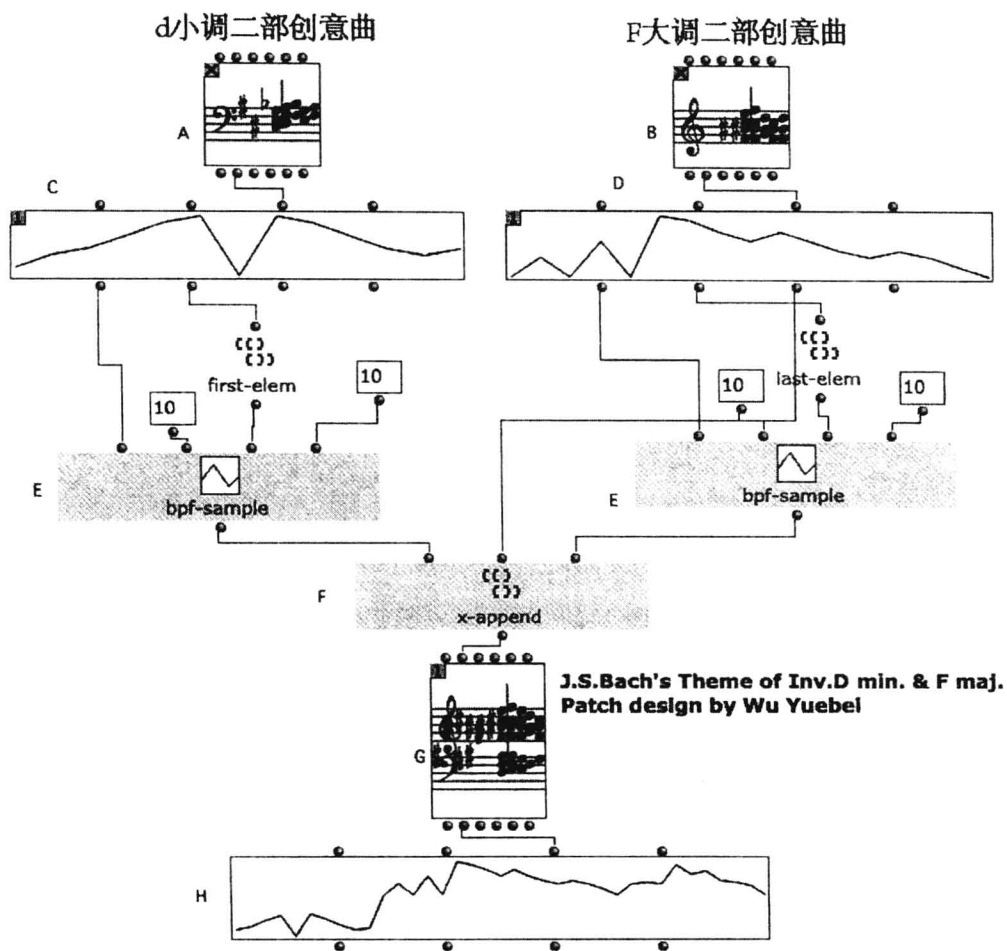
例 36a 巴赫的三维音乐雕像



分层插值生成的接近 Z 的渐变结果之一

例 36a 首先确定 d 小调和 F 大调二部创意曲属于“关系”大小调,选取 d 小调主题的音高材料为 X 轴,选取 F 大调主题为 Z 轴,然后通过 Y 轴,使用音域幅度插值分层逐级扩张或压缩变形,由 X 至 Z 或反之,自动生成新的音高材料。

例 36b



分层插值自动生成其中一帧的主题变型

2.2.9 小结

为了体系的完整性,频谱学派智慧地套用或借用了电声学、数学和其他领域的一些基本概念,如将音乐中对音符的一些模式化优选方式来对应电声学的“滤波”技术;又如他们有意混淆基频音与泛音之间的虚实与量级区别;还将多件乐器演奏的音符叠加所产生的和音干涉或声染色(Coloration)现象来对应调频、调幅、环调或加/减法合成等电声信号处理技术与概念,等等。频谱学派的

许多作曲技法较之前辈,如表现主义、先锋派和序列音乐来看,似乎更加合情理,合逻辑,令人信服,但它却并非完全符合声学 and 音响学的物理属性,而是为了建立并完善一个作曲体系找一堆看似合理的解释,其实质属于一种“类科学”(Alternative science)。在类科学中存在着真正的科学成分,同时,也存在许多伪科学的成分。

2.3 节奏材料来源

2.3.1 自定义节奏节拍

在 OM 中,也可以与传统方式一样使用自定义的节奏和节拍,但需通过“节奏树”(Rhythm Trees)以编程的方式来实现。节奏树是 OM 用一种特殊的分割时间结构的嵌套式列表数据来表示,一般用在 Voice(声部)对象上。节奏树源于 LISP 语言本身的结构,它用一系列的嵌套式列表来表示出传统音乐记谱法的节奏型。

节奏树用数字形式来表示节奏,不像传统节奏记谱那样需要分小节、分拍、分音符。节奏树的列表是特殊的嵌套型,可以表达任意复杂的节拍。但它与 Chord-seq(和弦序列)对象中的简单列表形式不同,在 Chord-seq 中只有发声和持续时间,没有音符时值与节拍。当然,通过 MIDI 量化转换后我们还是可以获得精确的节拍与节奏变化。

节奏树嵌套式列表的基本列表形式是(D S),其中:

D 表示音符相对持续的时间量;

S 用来分割持续量 D 的一个列表项目;

S 可以只是一个数字,也可以是又一个(D S)形式的子列表;

D 所表示的实际音符持续时间取决于它所在列表中的具体的那个嵌套层。在最高嵌套层,它的基本单位被看作一个全音符。

因此, (1 (1 1 1 1))

表示,持续音总时值为 1 个全音符,平均分成四等分,即表示了 4 个四分音符的节奏,因此,它可以看成 4/4 拍,2 小节。

与之类似但扩展的结构, (2 ((1 (1 1 1 1)) (1 (1 1 1 1))))

表示,持续音总时值为 2 个全音符,这 2 个全音符被平均分成 2 个音,每 1 个音又平均分成 4 份,因此,它可以看成 4/4 拍,2 小节,每一小节有 4 个四分音符。

如前所述,D值的单位是一个全音符。位于节奏树第一层的那些子列表表示不同的小节,D在这些小节层里时,其基本单位仍然是1个全音符,但这时通常会把D写成传统拍号的形式。可以写成:

4/4,7/8,5/2

或者写成:

(4 4) (7 8) (5 2)

注意:用这种方法写成的拍号值会被LISP语言做自动数值计算,如4/4会约分成1。为了避免此情况发生,可在拍号的上下两个数字之间加双划线:

4//4,7//8,5//2

或者写成圆括号形式的列表。

如果嵌套层多的话,在节奏树列表的首层的D值(时值)很难由人工计算出来。那么,这个首层的D值可以用西文的“?”来代替(仅对首层有效),OM会自动识别计算出这个D值。前述的例子可以写成:

(? ((1 (1 1 1 1)) (1 (1 1 1 1))))

(1 (1 1 1 1 1))



如果这样单独一组数据在节奏树首层,则表示四分音符的五连音。当然,这组数据列表可以替代掉整个列表中的任何一级列表,那么,在那些子列表层中,最小音符单位就不一定是四分音符了。

(? ((4//4 (1 (1 (1 -2 1 1)) 1.0 1)) (4//4 (1.0 (1 (1 1 1)) -1 1))))

在这其中有一些负数和带小数点的浮点数,负数表示休止,浮点数表示与前一音符连线。五个嵌套层的具体含义如下:列表(1 -2 1 1)表示一个四分音符被平均分成五份(注意到列表内数值的绝对值相加为5),第二组四分音符时值与第三组的四分音符时值将被用连线捆绑成连音,其中要注意2之前的负号,代表休止。

经过分析,上述节奏树写成传统乐谱的节奏如下:



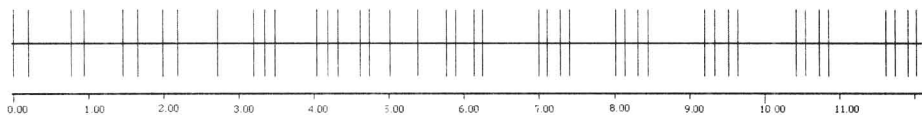
使用节奏树的缺点是它过于符号化,虽然有利于计算机作数据处理,但与作曲家缺乏很好的沟通。使用编程语言时可能会用到大量的圆括号来做嵌套,以至于看上去较为繁琐。因此,要使用节奏树设计节拍,就必须很好地掌握它的程序结构。即便如此,这种编程方式也不适合作曲家写作大段的音乐。如有必要,建议大段音乐可在其他音序或绘谱软件中输入完成后,再以 MIDI 或其他格式的文件导入至 OM 中继续进行算法处理。

2.3.2 精确的时间线与量化节拍

我们将精确时间记录的节奏转换为节拍记谱,就要对其进行节奏量化,即选择最小音符时值,并保留节拍内的连音,以获得所需要的记谱之可懂度(或复杂度)。

将所有未在预置节奏精度的音符对齐至最接近的帧节奏,这样做将会影响到音乐的听觉速度改变。例 37a,一列火车经过的车轮声音用精确时间记录下来,你所看到的就是火车车轮经过铁轨时有节奏的碰撞与摩擦声^①。而在例 37b,同样的节奏量化成音符节奏记成标准乐谱。在指定分辨率是十六分音符至全音符之间,允许连音;每分钟为 157 拍/四分音符速度,这时,所有音符记谱节奏都较为清晰,但它是没有基准律动单位的非常规记谱形式,它是频谱学派较常用的节奏表达形式之一。

例 37a 火车行进声的节奏



例 37b 火车节奏的波形文件至 MIDI 数据的采样量化与转换



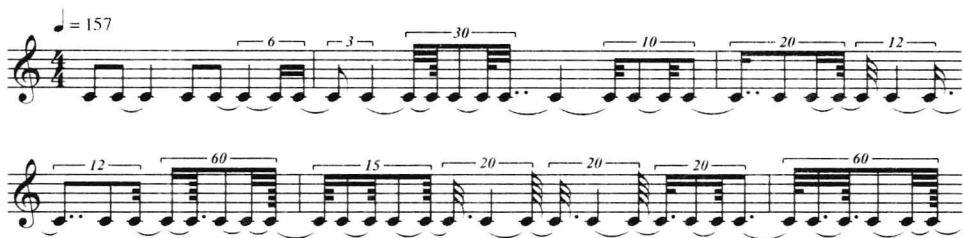
火车节奏转化为自由速率的 MIDI 并记谱

^① Rjan Sandred, *Interpretation of everyday gestures-composing with rules*, The Royal College of Music, Sweden.

例 37b 的火车节奏转化为自由速率的 MIDI 节奏记谱,在其精确的时间线量化中被允许的最大偏差控制法则并没有被逾越,故听上去火车节奏几乎完全没有改变。这种自由速率的节奏变化是频谱学派的特征之一。其实,在 MIDI 信息中的速率都是无级变化的,或者说都是自由的,其规范的节拍只是对时间线进行平均切割的结果。

例 38a 中的最大偏差值规定为 $\pm$ 一个 128 分至 256 分音符 (157 拍/分钟 $\approx$ 6-12 毫秒), 它将例 37b 的 MIDI 数据直接以 4/4 节拍的时间线进行发音点的记录。如将例 37a 的火车节奏和例 38b 这种超高分辨率的 MIDI 数据来对比, 我们发现二者的节奏效果相当接近, 没有明显感觉到节奏已经被量化。对于大多数独奏家来说都是相当困难的, 因为在没有预期的节奏律动感前提下, 即便演奏得非常精准, 演奏者还是会感到非常被动, 尤其在群体参与的管弦乐中, 这几乎是不可能完成的任务。

例 38a 这是例 37b 经 MIDI 节拍处理的结果



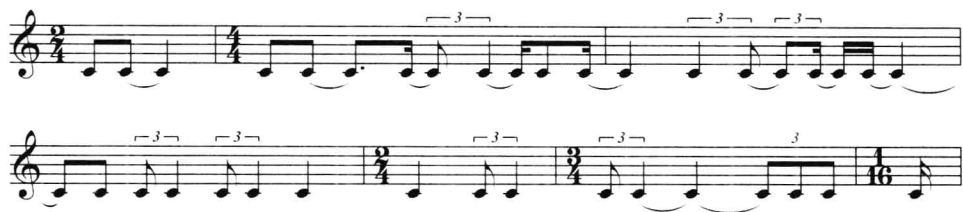
每分钟 157 拍下的 128—256 分音符切分,精确的记谱反而使得演奏不可能精确

在例 38b 中采用变节拍记谱, 5/8, 1/16, 3/4, 2/4, 6/8 5/8, 1/16, 2/8, 1/16, 5/8, 2/8, 等, 相对难度小很多了。而例 38c 则采用更加简化的量化方案, 使节奏组合较为易读。尽管记谱的节奏与原来火车的节奏大相径庭, 但听上去却较为音乐化。

例 38b 这是对例 38a 的以十六分音符精度量化处理的结果



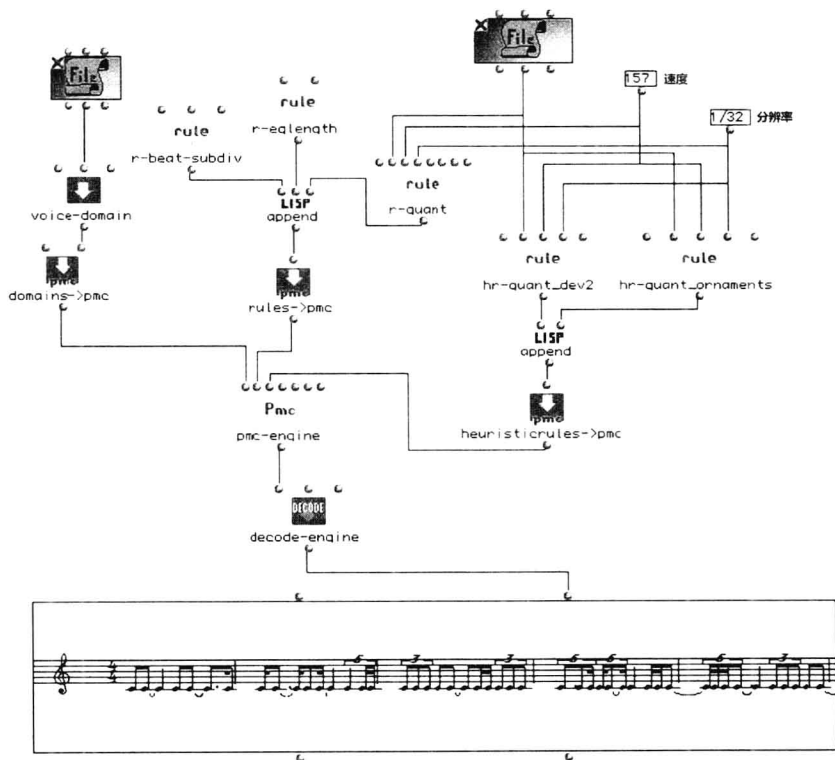
例 38c 这是对例 38b 的进一步简化处理的结果



频谱作曲家总是在玄乎的复杂节奏记谱与明晰的标准记谱方面小心翼翼地加以选择,在不失相对复杂的现代感前提下兼顾乐谱的易懂度或易读性,这一点是对先锋派的反叛。

例 39 是在 OM 中对直接输入的声音文件按每分钟 157 拍速度、三十二分音符分辨率和 4/4 节拍,并通过脉码调制算法进行自动量化记谱的结果。

例 39 OM 的节奏拼图

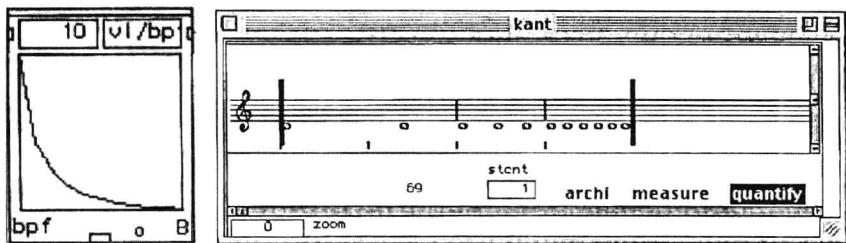


频谱作曲多采用难易程度适中的节奏材料

2.3.3 变速率节奏

变速率节奏,或称为加速与减速节奏是频谱学派常用的节奏材料之一。它是使用一种任意时值(音符长度改变)或自由速率(演奏速度改变)的记谱形式,是计算机时域处理最简便的方法,它并不按传统作曲家所熟悉的、经量化的节拍和节奏进行记谱。传统节拍记谱是因为人类社会,如西方社会发展到某个高度时,受文化、宗教或政治的因素制约而不得不发明的一套整齐划一、格律方整、同步协调、易于记忆的、表达群体意志为主旨的音乐节拍节奏系统,它更是器乐合奏的需求。频谱学派将声音拆解之后来作曲,其律动节奏也就无所归依,故计算机作曲家和频谱作曲家的节奏往往是自由拉伸或压缩的。这一点常在计算机或独奏家的演奏声部中使用,而为了乐队演奏者读谱方便,则多采用传统式的量化节奏方式记谱,犹如当前流行将汽车的“无极变速档”与“手动档”合并一样。

例 40 变速节奏



例 41 标准记谱节奏



例 40 变速节奏被量化和标准化后的记谱结果

2.3.4 节奏的动机化及其展开

与序列音乐有某些相似,频谱作曲中经常将节奏组合缩小至 2-3 个脉冲发音点,使其成为节奏动机,再由算法将这些动机进行随机排列组合,成为自动生成的节奏细胞,复杂程度可视乐曲风格和速度进行调节。

例 42 动机化节奏



有限随机节奏细胞自动生成的节奏

在频谱音乐各种结构模式中最常用的是渐快或减慢的变速节奏,其目的是为了获得一种心理学的理论支持。时值的改变必须是指数的,而不是线性的。这使得它们特别适合曲线的近似值计算。这些曲线直观地表达了速度的改变,它可事后被匹配和量化以适合各种音乐状况。音乐节奏在 OM 中有两种表达,一种是象征的“变速节奏”,即,节奏不变速度变,同时值不同间距的音符拉伸或压缩。两个音之间的间距越大,时值差就越大。

另一种是精确的“恒速变节奏”(常规节拍/节奏记谱),即速度不变节奏变。频谱作曲家在需要变速节奏的同时,又要让乐队指挥和演奏员易于读谱,这样就需要通过节奏量化,分割变速重音为节奏组合。这样做的结果会造成许多复杂的、跨小节的切分音和联时值音的组合,用以保持频谱音乐谱面上和听觉上的“现代感”。

例 43 节奏细胞



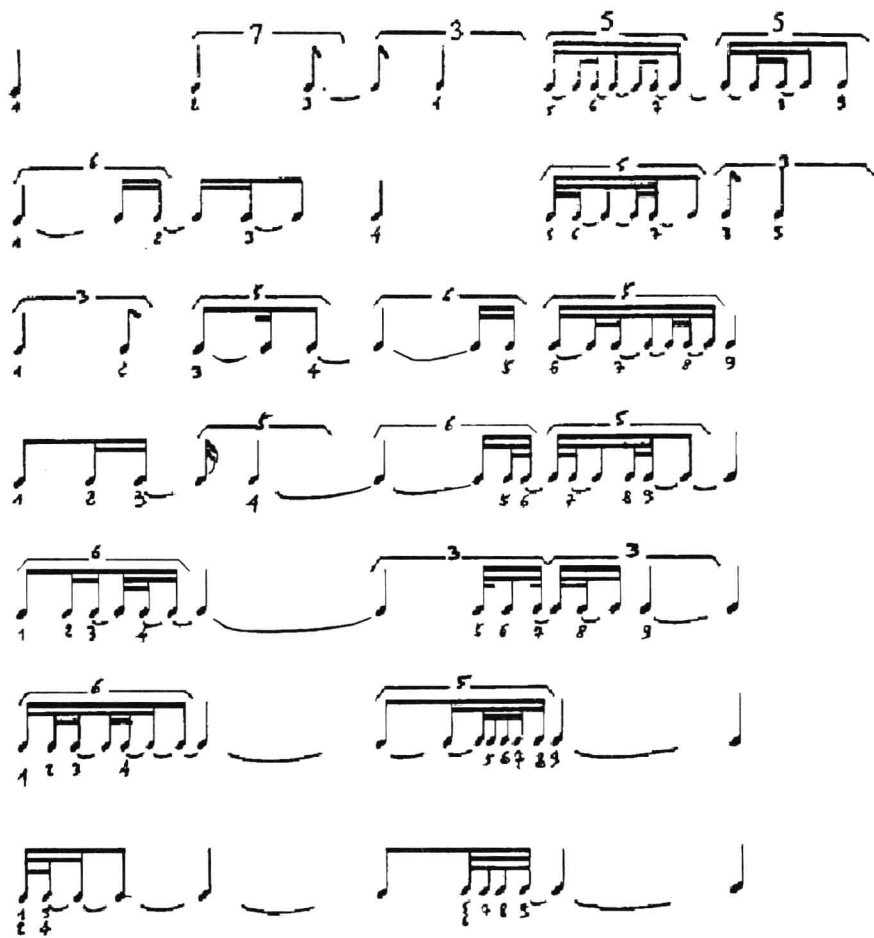
节奏变化组合

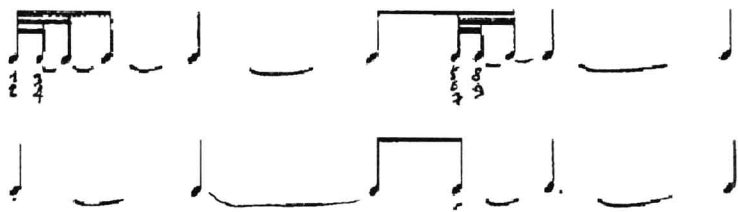
2.3.5 插值节奏

我们已经在本章 2.2.6 节中讨论了频域中的插值和声进行。无论在何种状况下,只要希望从一种状态平滑地过渡到另一种状态,都可以通过插值(Interpolation)技术实现。插值技术既可以用于频域,也可以用于时域。下面我们将讨论时域中的插值节奏算法。

具体算法是,首先确立起点节奏,再确立结束的节奏;然后设定你需要的步进数和步长数,最后可以通过手动计算,依次递增或递减;也可通过算法自动运算出一个完美的渐变过程,节奏时值的递增或递减可达到听觉上的变速目的。

例 44 达勒巴维(Marc-Andre Dalbavie)的《王冠》(Diademas)



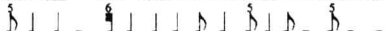
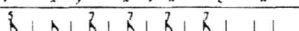
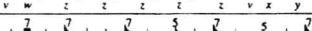


插值节奏形成的比例化对位节奏

2.3.6 频域与时域映射的节奏

频谱作曲家经常将音高、音色与和声三个重要概念混为一谈。他们几乎无一例外地会使用音高要素,如泛音列、频率调制、指定音列等,直接作为节奏的调制器,即将时域中的频率域直接作用到时域,以产生“异质同构”的新奇复杂的节奏。

例 45 插值节奏

	Real Sound	Microphony	Macrophony
①		11 $\frac{1}{5}$ beats	
②		12	
③		6 $\frac{1}{6}$	
④		12 $\frac{2}{7}$	
⑤		3	
⑥		14	
⑦		5 $\frac{1}{4}$	
⑧		4 $\frac{1}{5}$	
⑨		12 $\frac{2}{5}$	
⑩		4	
⑪		3	
⑫		0	

这些材料在各个声部进行卡农处理,模拟回声或混响效果

例如,一个频域中的 $D^{\flat} 2$ (69.3Hz) 音和另一个 $C2$ (65.41Hz) 音之间的频率差是 $69.3 - 65.41 = 3.89\text{Hz}$, 我们可将其映射到时域中的 $1/3.89, 1 \div 3.89 \approx 0.26\text{sec}$, 如果此时的速度是每 60 秒等于 88 拍, 那么 $60 \div 88 \approx 0.682\text{sec}$, 如果是 $4/4$ 拍, 则 $0.682 \div 0.26 = 2.62\text{sec}$; 如果 MIDI 时钟分辨率为每四分音符 = 480ticks, 则 $480 \times 2.62 \approx 1257\text{ticks}$, 再除以 4 拍等于 314ticks (注: 八分音 = 240、十六分音符 = 120、三十二分音符 = 60、六十四分音符 = 30 tic), 结果该音符的时长(duration)等于: 八分音符加三十二分音加余数 14 个 ticks。这样的映射转化肯定会产生许多常规音符时值所不能整数除尽的复杂节奏, 所以需视情况对其进行量化处理, 可能还要经常变换节拍。

以微小的音高组合成的不同比例、不同的空间、不同演奏法(单个音的拨奏、泛音和颤音等)先后叠加进入、重复, 造成音响上的微动或蠕动感, 使人常常联想到里盖蒂、卢托斯拉夫斯基等人的音响效果, 但在乐队作品写法却迥然不同。这是频谱音乐中典型的、具有催眠意义的常用节奏组合方式。这种复杂时值的错位纵向组合时, 作曲家常常会视作为“节奏对位”, 带有微小时长和音色差异的节奏材料可在各个声部进行类似卡农、回声或混响等“特殊效果模拟”。

例 46 是“后频谱学派”法国的芬兰裔女作曲家凯雅·萨赫亚霍(Kaija Saariaho, 1952) 在 1998 年为八把大提琴而作的《日本私家花园》六首中的第五首。乐谱中的阶梯式的对位手法早在印象主义大师的作品中就曾多次出现过, 先锋派则更加屡见不鲜。所不常见的是这部作品中存在着“次微复调”思维。注意下行谱中的黑色三角形线段渐变压力和振音记号, 这是一种简洁有效的频率调制方法, 使得看似长音的各声部之间产生了微扰波的对位, 这是新一代频谱学派较为直白的但有效的技术之一。

例 46 凯雅·萨赫亚霍《日本私家花园》第五首

The musical score is divided into two systems. The first system (measures 8-15) features eight staves (Vc.1 to Vc.8) with various performance instructions such as *molto vibr.*, *S.P.*, *N*, *S.V.*, *S.T.*, and *p*. The second system (measures 16-23) continues the complex texture with instructions like *S.T.*, *S.P.*, *vibr. ord.*, *gliss.*, *mf*, *f*, and *p*. The score is characterized by a wide range of dynamics and a high degree of rhythmic complexity.

呈梯次状的宽幅揉弦所形成的手动调频形成了八声部“次微模仿复调”

2.3.7 微复调对位节奏

泛音列中的音高材料如果被映射到节奏时,就会产生许多按对数级改变的微弱的节奏时值差距,作曲家常常作为微型复调(Micro-polyphony)的节奏对位材料,而且会不断重复,造成少许持续的错乱感,这便是早期频谱音乐具有典型意义的催眠节奏。

例 47 萨赫亚霍的《门限》(Seuil)

I	1 : x9 2 : 3 : ect. 4 : x8 5 : ect. 6 :	II	1 : x4 2 : x2 3 : trille 4 : x3 5 : 6 : 7 :	III	1 : 2 : x4 3 : 4 : 5 : x9 6 : 7 : x3 8 : x3 9 : 10 :
---	---	----	--	-----	--

节奏动机的微动对位是以不计节拍为特点的

对于真正意义的频谱作曲家而言,时间概念是一个不必被律动切割的单位,它有时可能已经耗时 120 秒,却像是在冻结的时间中观赏一幅“声音的图案”;但有时它会强调变速节奏,似乎是在不断地调整计时器自身计数的快慢速度。时间是弹性的,由此推导,节奏是要被时间承载的;反过来,时间是要被节奏切割的,可基准却可能是无法事先约定的,节奏很可能会依据不同时间段的需求再做量化处理。如果是为电子音乐或独奏乐器作曲,就有可能直接使用弹性时间记谱(乐谱中音符间相距的长度即时值长度)。如果为乐队而作,就可能需要量化成多数演奏家可以解读的传统节拍节奏记谱。当然,计算机绘谱软件的标准化对于应用音乐有好处,可以放之四海而皆准。但对于有创意的作曲家需要写给有想象力的演奏家时,这样做便会产生一定的阻碍作用,限制作曲家创作时的想象空间。

我认为,卢托斯拉夫斯基、里盖蒂等作曲家使用微复调技术的目的在于表现平静下的涌动状态,蠕动的音型清晰可辨,类似平静海面的粼粼波光;而频谱学派除了非常接近上述作曲家的理念外,还可能利用两个音之间的相位干扰或滤波的边带效应(side-band effect),或振幅调制而形成的周期性微扰现象(类似

弦乐的揉弦)来表征微观世界中的“次微复调”现象,所以我们会在乐谱中常见到“静止动机”之间(短音或长音)的对位或模仿。

例 48 米哈伊的《冬天的碎片》中,合成器双音应理解为双声部,每个实音后面的横线具有重要意义,它表示当前音需延续至下一个音出来时为止。因为它是谐音与非谐音之间的对位,即通过调制复合波中不同频率的各分音所产生的周期性微扰现象,我将其称为“次微复调”,或“调制对位”技术。

例 48 米哈伊的《冬天的碎片》

产生微扰波可视为“次微复调模仿”

2.3.8 小结

本人经过长期细心观察和研究发现,任何时代的作曲家乐谱的视觉效果几乎都与他们作品的音响风格一致,频谱学派也不例外。频谱音乐的节奏以无律动性为主要特色,当然也会使用常规或错综复杂的节奏,但都不会用到极致。借助计算机的频谱作曲家可以轻松地按每四分音符等于 960 个点的分辨率写出非常复杂的节奏,但为什么在这点上不如先锋派节奏的复杂性那样突出,有一种可能是,先锋派作曲主要的精力用于发明音乐音响概念和记谱法了,他们的乐谱几乎等于视觉艺术作品,如乔治·克拉姆的《大宇宙》;而约翰·凯奇的钢琴独奏《四分三十三秒》却是另类的百分之百的视觉行为艺术。而处于后现代时期的频谱作曲家需要做到理性回归,为听众音乐欣赏的听觉心理极限着想;同时,也为演奏家的二度创作留下空间,所以,相对简明并可被听众感知和预测的节奏对于频谱作曲家,尤其是 20 世纪 80 至 90 年代后出现的“后频谱作曲家”来说有着更为现实和重要的意义。

2.4 音频分析与处理

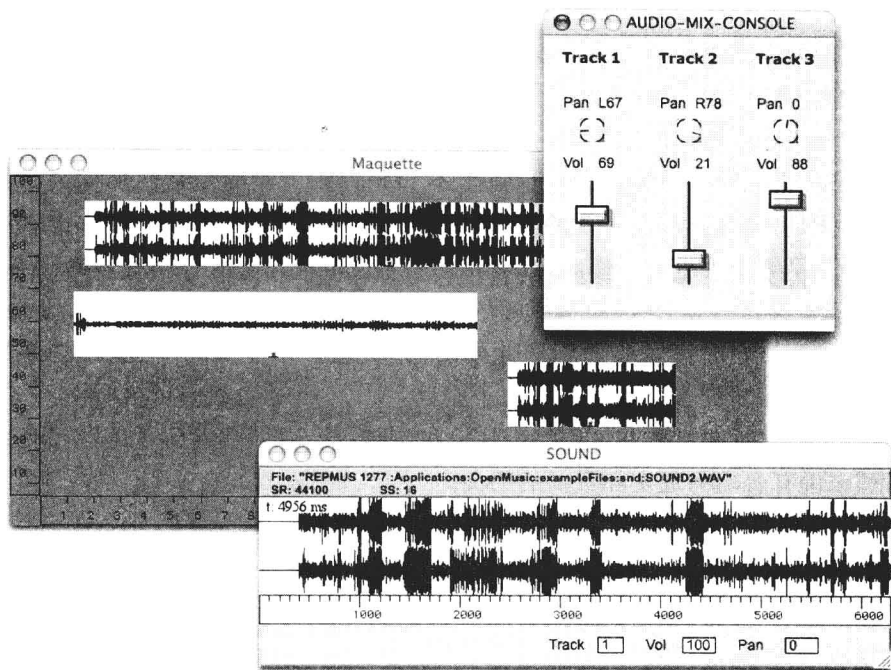
2.4.1 音频文件与处理^①

(1) 音频操控界面

OM 的音频控制界面是基于法国里昂的格拉姆(GRAME)实验室开发的 LibAudioStream library 程序(例 49),它提供了较好的对“声音流结构”进行固定和临时的渲染控制,可以分裂出多个音频轨道,并可对各个声部对象设置单独的音量、声像和图形图像等综合调节参数。

^① Jean Bresson, *SOUND PROCESSING IN OPENMUSIC*, Proc. of the 9th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-06), Montreal, Canada, September 18–20, 2006.

例 49 OM 中的调音台和控制界面



声音文件可作为拼图在模块拼接板(Maquette)中拼贴成完整的合成音频

(2) 直接利用声音素材作曲

音频文件是由一系列采样构成的序列,每一个采样都承载着一定量的信息,但整个序列中所有采样的总和就会大于单个的采样,这便是一个稳定的、可被操作的、带有符号象征意义的可视化波形文件,这些来自声音建筑本身的信息即可被解读。

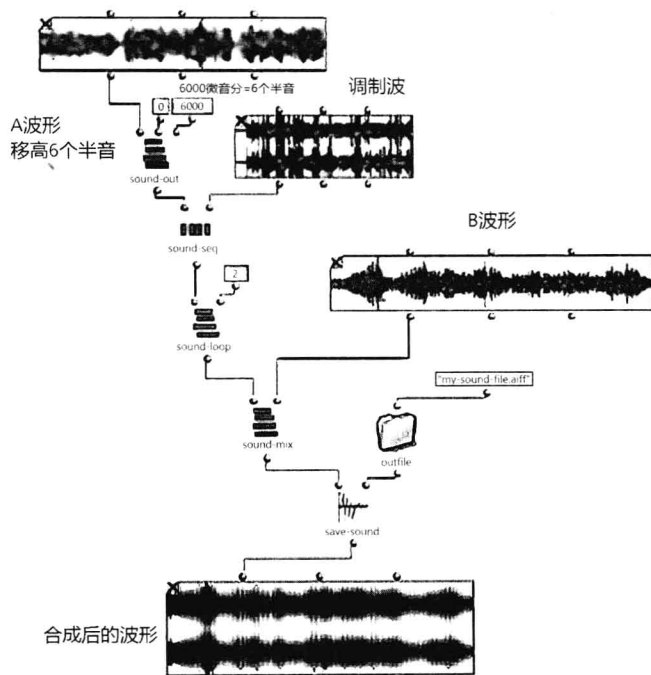
如果我们希望直接利用音频文件进行作曲,尤其是混合电子音乐作曲(Mix-electronics)就可以用 OM 中的数字音频的各种算法来取代传统电子音乐的模拟式磁带回放技术,这样才能超越传统意义的电子作曲与演奏方式,音乐才能“活在当下”。

(3) 用电子音乐思维处理声音对象

声音是一个连续的音流,声音的采样构成了一个接近声学实际和音乐材料的连续数据集(波形文件)。20 年前电子作曲家对于波形的基础操作常常使用磁带录音机制作,主要内容是剪辑、混音和编程。今天,这一方法几乎完全一

样,只是将声音信号的处理方式数字化了。OM 的音频工具(例 50)则恰恰适合于这类“当代古典电子音乐作曲家”使用。因为它在声音的录音、处理与合成后,再做各算法之间的“蒙太奇”、反向粘贴、效果处理与混音等,而且还像是使用传统音序器年代的“手工作业”(而非编程)。

例 50 OM 音频工具中的纯电子音乐制作拼图

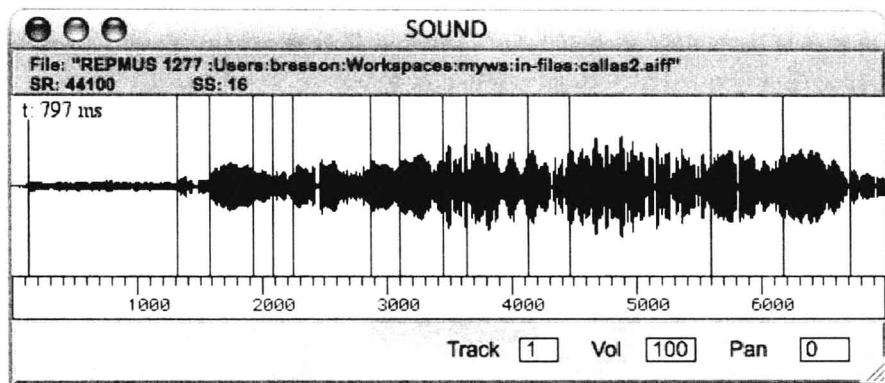


使用 OM 做音响合成

(4) 用常见的声音编辑器处理采样

为了作曲的目的,一个抽象的声音可以任何符号象征或数据展现出来。声音片段的波形振幅图非常直观地呈现出的声音轮廓,作曲家在合成或拼接这些碎片时可以在 Patch 中或是在内部编辑器(例 51)自动或手动做标记(竖线),使波形操作的位置一目了然。

例 51 声音编辑器



与常见的声音编辑器不同在于,SuperVP 可以自动寻找剪辑点

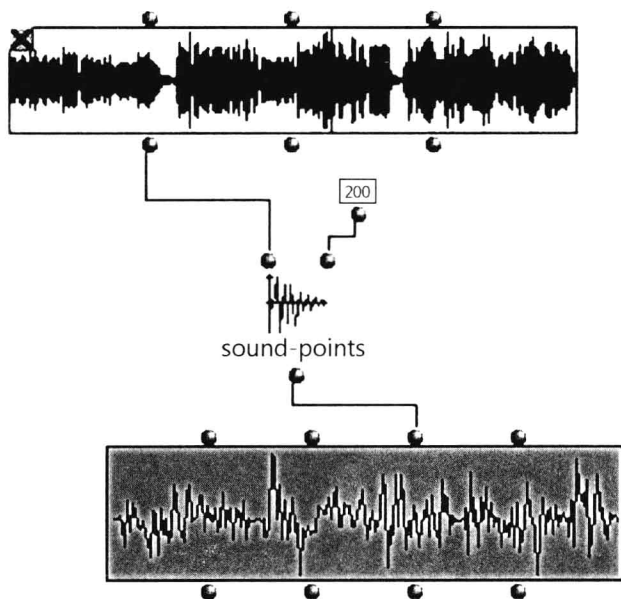
(5) 声音分析

声音数据分析常常会用于计算机辅助作曲程序中,无论是为了数据转换用于电声合成处理,还是作为常规作曲材料。在 OM 中,声音处理工具 SDIF 的文件格式允许不同计算机音乐的软件之间可分享声音的描述数据,用一个特殊的“类”(Class)来表征它。

这个“类”对声音的描述形成抽象的支持,它通常会响应可视化程序中的一个中间对象(Intermediate object),用于存储来自声音处理内核(Kernels)的数据。在 SDIF-Edit 编辑程序中,SDIF 文件对象可被视觉化,并可被提取的描述数据所检验。

SuperVP 和 pm2 程序是 IRCAM 的“分析与合成小组”开发的另外两个声音处理工具,它们的处理内核来自该厂家的另一分析程序 AudioSculpt(音频雕刻)(例 52)。它们可以提供不同类型的声音分析方法,并可返回 SDIF 描述文件。本论文中呈现的多处音乐作品的音响分析图谱都是在这些程序上完成的。

例 52 音频分析工具

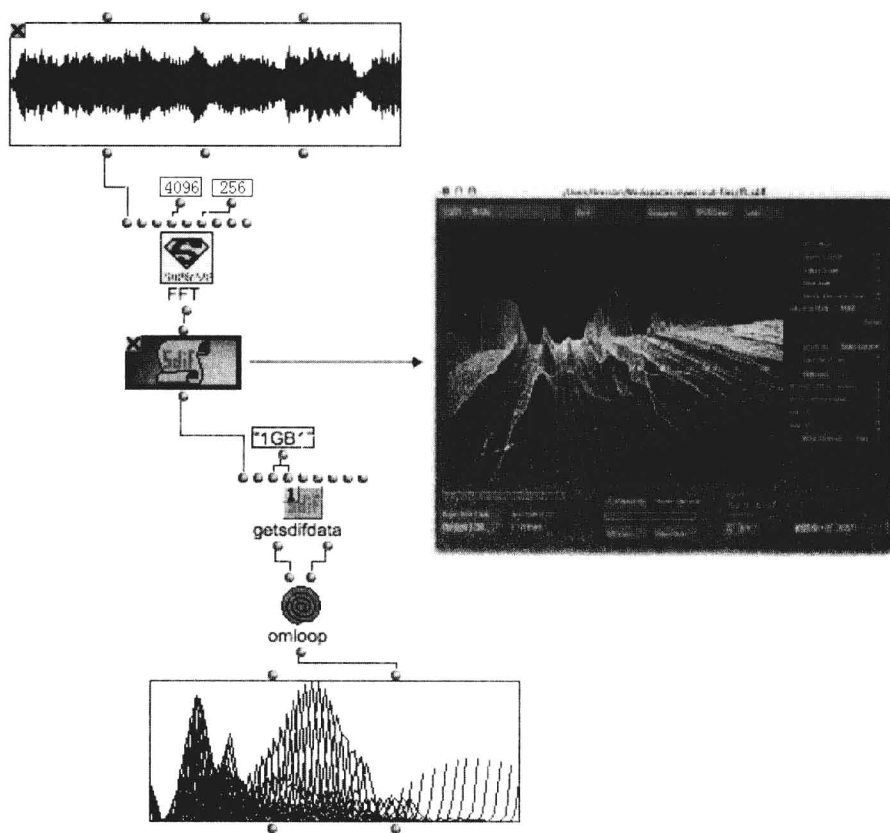


分析并提取波形特征

2.4.2 频谱分析

大多数在 SuperVP 的短句声码合成器(Phase vocoder)中的声音处理算法是基于短时傅里叶转换原理的(STFT)。这一功能可在 OM 的快速傅里叶转换盒(FFT box)中调出(例 53)。分析的数据将通过 SDIF 文件形式传输给 OM。提供给 FFT box 的数据(打开的文件)即是 FFT 的 size(分析窗尺寸),又是 STFT 分析窗的 size、shape(形状)和 step(步长)。可以根据最初的声音和分析数据的期待特征来调整这些参量。

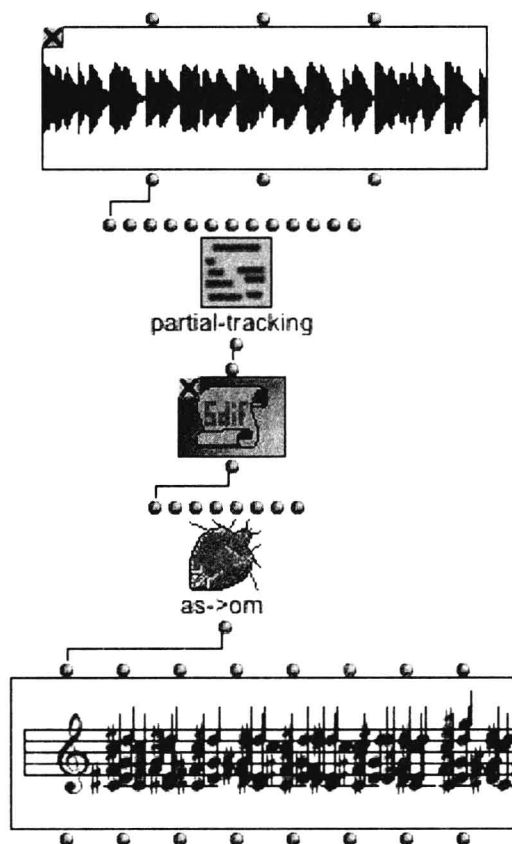
例 53 三维频谱分析



OpenMusic 中 SuperVP 的二维/三维频谱分析器

SDIF 分析数据或 SuperVP 的描述数据可以包括：单声部或多声部的基频与频谱分析，并可把这些数据转为 MIDI 信息供继续分析或直接在绘谱程序中作曲。如果对先锋派的音响性作品，或是任何没有乐谱只有音响的作品进行分析时，可直接以传统五线谱方式显示，并可作进一步的统计分析，是非常有效的方法。音频文件如果是音乐音响，将直接分析出多声部的 MIDI 音高；如果是噪声，如风声、海浪等，将可以通过频谱能量（分音力度）过滤后提取 MIDI 音高，这一点对频谱学派极为重要，他们许多作品的音高材料即是由此方法获取的。透过对分析数据的抽象化处理，或转入其他绘谱软件再作音乐化处理，还可以获得一份相对直观的“先锋派”乐谱。

例 54 使用分音跟踪算法将波形转换为 MIDI 音符



任何乐音波形文件都可以追踪到它们的分音

和弦序列分析器是一种加法合成分析器,它各种标记也是不会有陌生感的。这些标记可以从声音文件得到,或者由分音追踪器(Partial-tracking)分析并处理结果获取。加法合成分析的平均频率成分可以直接转换为和弦或单音。任何音频都可以通过和弦序列分析器追踪到它们的分音,在经过多重滤波后可提取 MIDI 数据。这一点对于崇尚音响生态学的频谱作曲家获取大自然中的各种音响采样用作常规作曲素材是一种非常重要的技术。

2.4.3 声音诊疗

之所以称为诊疗(Treatment)而不称为处理,是因为合成时要对初始声音进行一个探测和矫正,而不仅仅是转换。这种诊疗可以通过直接施加于波形之

上,或者通过分析、处理与合成的不同方法来实现。

(1) 声音流处理

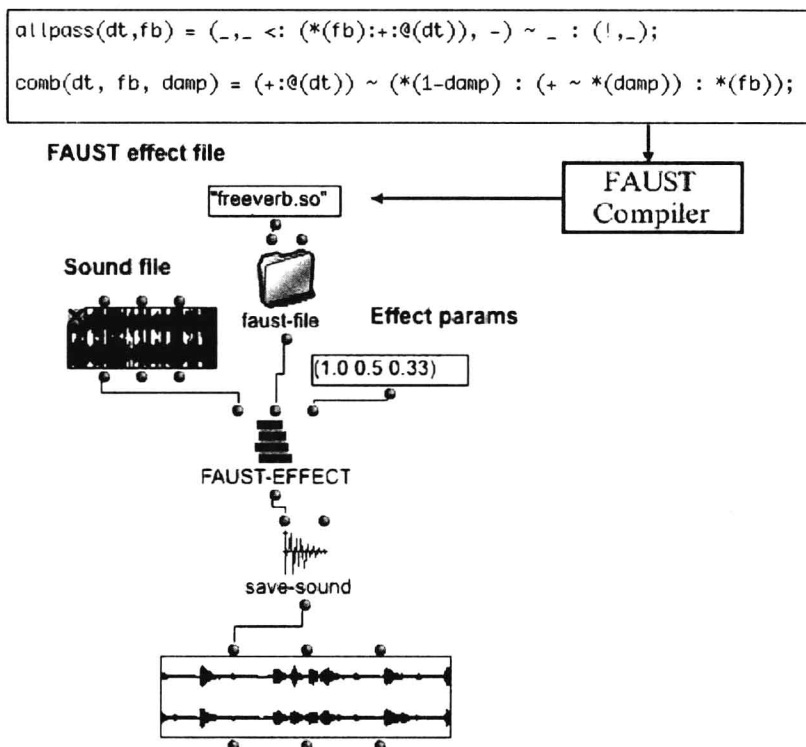
通过对采样声音流的处理来传输声音通常被称为一种“效果”(Effect)。OM 中使用了一个由 GRM(法国国家声学 with 音乐研究所)研发的著名数字声音处理语言(DSP)Faust 来做这种实验。使用 DSP 语言进行处理,既可以在程序的较底层进行原创的编程设计,又可以通过设备界面操作调控,相对容易被熟悉科技化操作的艺术所掌握。这一方法多用于电子作曲,但较少用于常规作曲。

另外,GRM 实验室的 LibAudioStream 界面为 Faust 的效果提供了声音流处理输出的声卡驱动程序。

(2) 分析、处理与合成方法

SuperVP 和 AudioSculpt 的分析、处理与合成方法对声音处理提供了原创和强大的处理序列器,各种类型的声音转换都可以创造、合并,甚至创造一个新的短句。

例 55 分析驱动处理器

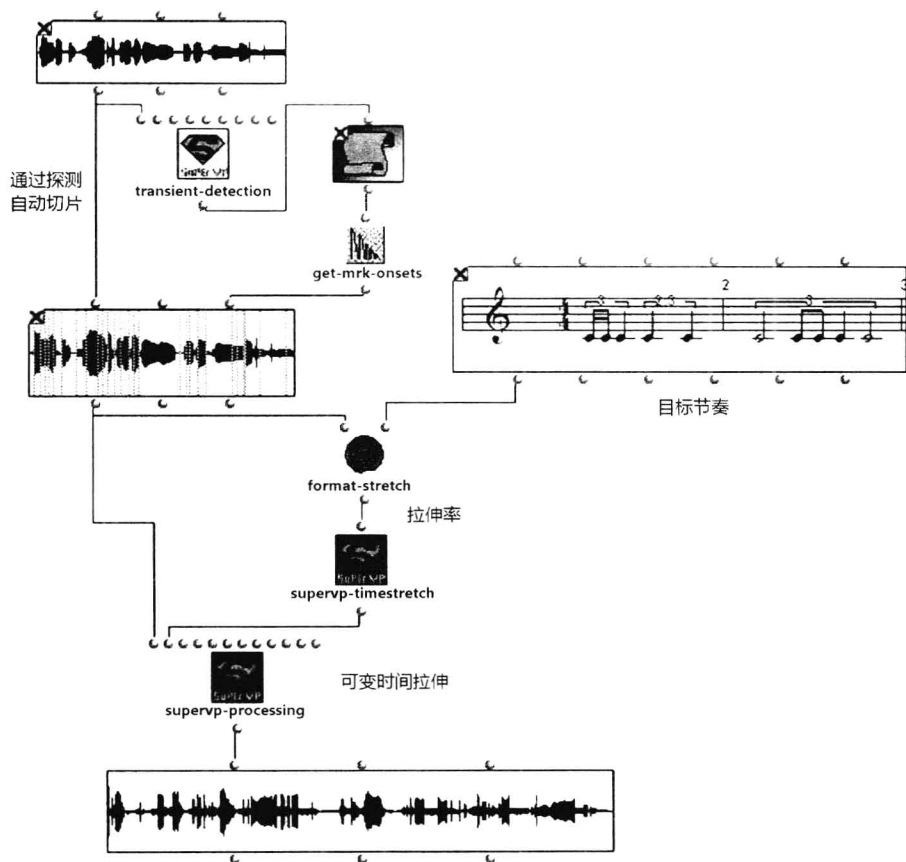


处理器代码是 Faust 语言对“效果”(Effect)的定义文件片段

(3) 时间压扩

时间压扩因子(Time-stretching factor)会自动侦探出音乐文件中每个音头开始点的时间并划分为碎片,并根据所指定的速度按音头点起点位置(竖线处)来对音频碎片作压缩或扩张处理,以匹配右侧五线谱中的目标节奏。

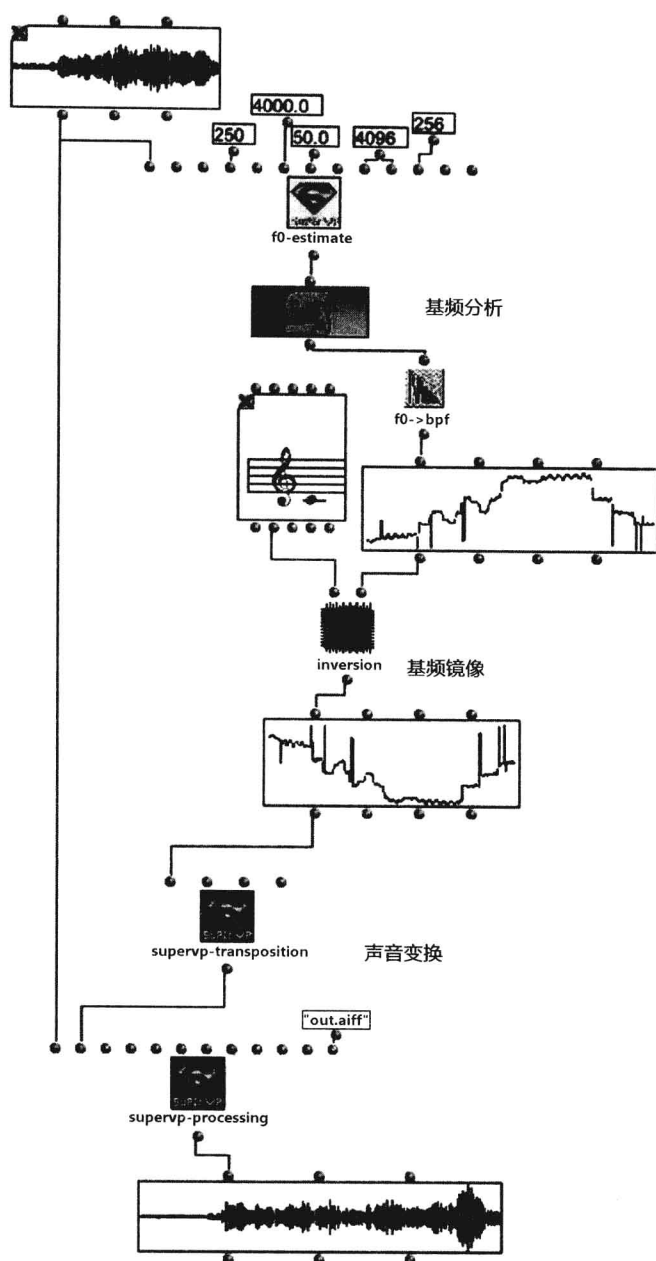
例 56 时间压扩算法与节奏匹配



可变时间拉伸后声音碎片能够很好地匹配目标节奏

例 57 是一个使用来自基频分析的“可变时间”数据所做的波形音调倒影的变形处理。转调数据是由发生在 F0(基频)和所给音高中间计算而来,一个恒定的基频保持了原始采样中所有特征,如音色、噪音等因素的声音。先通过基音 F0 估算分析后,再通过镜像和转调处理,使其成为一个新的波形文件的“变奏段”。

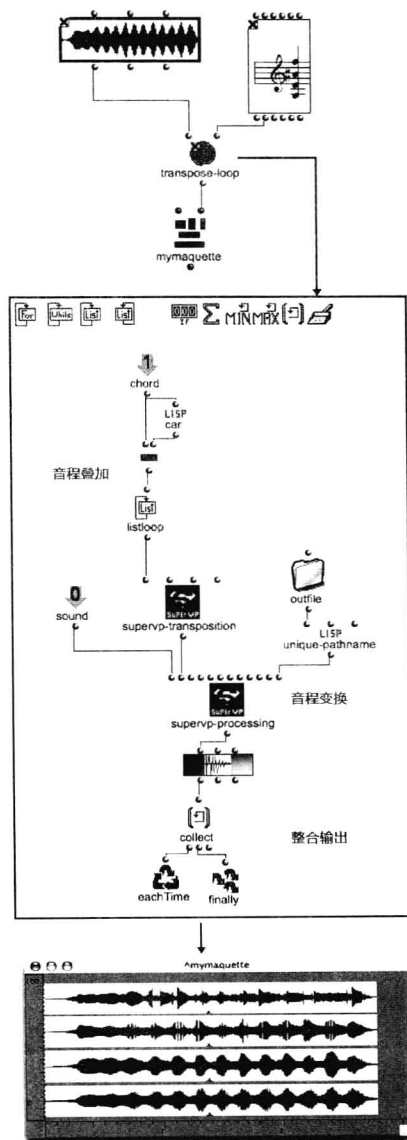
例 57 基频分析与音调倒影处理



可变时间拉伸的结果

通过 SuperVP 处理器和 Maquette 模式包算法, Patch 可将一个波形分为多个音频流, 分别进行转调与多轨编辑, 从而创造出“合唱”或“合奏”的效果, 而且, 单一波形经过算法处理后形成的不同输出结果, 还可用作再采样合成。

例 58 波形的合唱算法变形处理

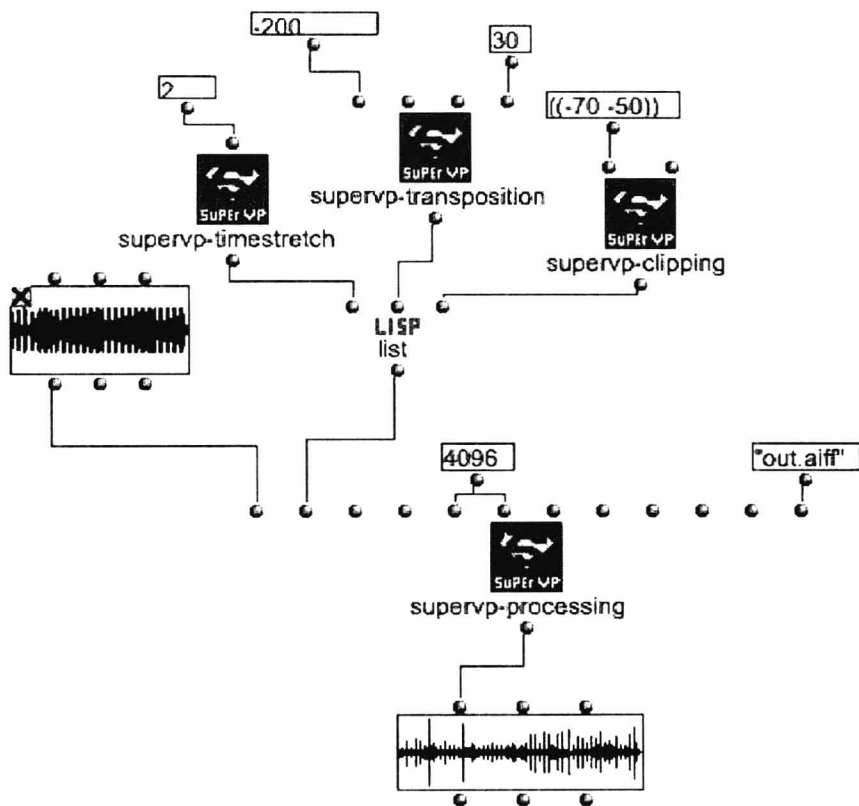


将一个单声部音乐的波形分支成多个音频流可以创造出合唱的效果

(4) SuperVP 的综合处理

在 OM 可视化编程架构(Framework)中,对应的系统是 SuperVP-processing 函数的中心,它是一个包含 SuperVP 各种声音处理组合的常用工具箱,而每一个有效的处理来自于一个特殊工具。如时间压扩、音高转移、转调、带通滤波、共振峰滤波(Formant filter)、断点滤波、去过载(Clipping)和冻结处理等等。

例 59 SuperVP 音频处理拼图



每一个特殊的工具代表着一个有效的处理技术

参数的设定可通过固定值,或通过输出参数文件或断点函数(BPF)等时变数据(Time-varying data)进行。这些数据来自 OM 复杂的编写处理结果。

2.4.4 声音合成

频谱作曲从某个角度看,几乎就是将音色合成的过程以乐谱的形式转换呈现的过程。因此,电子音乐作曲中的各种声音合成技术即是频谱作曲技法的基础,了解频谱作曲就必须首先了解声音合成技术。

(1) 加法合成

电声学中的加法合成(Additive Synthesis)定义:任何声音都可以视为一系列正弦波不同相位、不同振幅、不同频率的组合,通过精确地增加正弦波创造一个声音的过程,叫做加法合成^①。

例如,我们可以从一个最基本的正弦波(基音)开始,然后在这个正弦波上加入奇数分音(Odd Partial)便可以合成出方波,类似单簧管的音色。分音的振幅刚好是基音振幅的反比,如第三分音是基音振幅的 $1/3$,第五分音振幅是基音振幅的 $1/5$ 。

加法合成有时会通过对自然声音的分析来获得振幅和频率相关数据后进行,这是傅里叶合成理论的一个有效的实践途径。这个理论可以被看作是一个声音在时间变化上的傅里叶参数重建。在实际应用中,声音雕刻(Audio Sculpt)的设计者并不仅仅限于对自然声音的模仿,在分析自然声音的频谱过程中,通过对一个声音的深入了解,可以更好地创造出自己想要的音色。例如,在很多真实的乐器中,那些比较高的谐音起音(Attack)是最晚的,消逝(Decay)是最早的,知道了这个原理,作曲家就会有选择地反其道而行之,合成一个有个性的声音。

不过,加法合成作为一个合成的重要手段也有着自身的缺陷。一个最大的不足是,它只能合成周期性的声音,对于混沌噪音(Noisy, Chaotic)很难完成。例如,用加法合成生成一个静态的长笛音色很简单,只需要两个正弦波便可完成,但长笛吹奏时的音头带有很多气息的噪音,用单一的加法合成方法就不可能实现。因此,我们必须加入许多其他不同的合成控制信息或波形,才能更好地使利用加法合成技术,获得个性化却自然的声音。

频谱学派的加法合成概念是将原型 a 、 b 、 c 的频率叠加,即 $a+b$ 、 $a+c$ 、 $b+c$ 的各频率数值之和来确定它们的和音频率,再将各音的频率对应到各自的 MIDI 音高即可;加法环调合成则在前者基础上再加入 $a-c$ 、 $a-b$ 、 $b-c$ 的差音即可。

^① 李春芳:《加法合成技术原理概述》,见 <http://www.uaudio.cn>。

例 60 频谱学派的加法合成概念



(2) 减法合成

减法合成(Subtractive synthesis),输入一个自然声采样或一个频谱丰富的音频信号,通过滤波器去除其中一些频率成分,然后输出经过减量改变频谱的音频信号,这种主要通过滤波器的合成技术被称为减法合成^①。

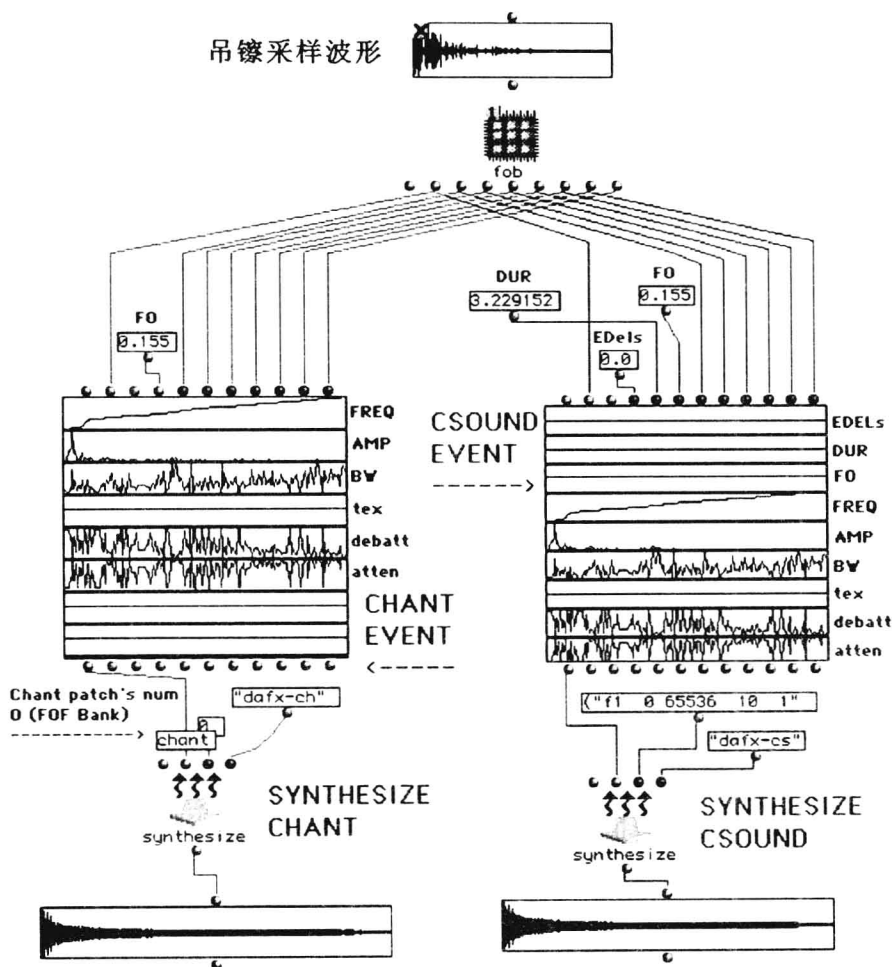
在减法合成中,我们往往从比较复杂的声音入手,其道理由不言而喻,只有复杂的声音才具有可塑性。这种对一个复杂声音的减法合成可以被看作是对声音的“雕刻”,被雕刻的对象(材料)都要具有一定的可塑性,雕刻过程便是通过滤波技术重组声音频谱与包络的过程。减法合成的手段也可以看作是改变一个声音的声谱平衡过程。尽管任何声音都可以作为减法合成的资源,不过,在所有声音类型中,最有“雕刻”潜力的声音还是噪音,因为噪音具有最复杂的泛音系列。

比起加法合成,在可塑性和包容性上,减法合成不如加法合成,但减法合成对于设备硬件来说,其配置的要求更低,商业性的用途也较大,因此,在电子音乐的发展初期它就成为了一种主要的声音合成技术。不过,在 OM 中,代表声音合成过程具体参量的语言将独立于任何特定的合成器,或基于计算机平台的综合引擎。它将根据目标合成器,自动地通过通讯通道发送到适当的乐谱发生器(Scoregeneration)函数,如 CSound;或方法,如 Max/MSP 或 Jam、OMax 等。一个新的合成引擎要增加到合成环境中来,就可以通过在底层提供的合成器界面的升级加入。

例 61 便是一个简单的虚拟合成器应用界面。合成的基本材料来自于一个吊镲的声音采样文件,通过 Diaphone's ModRes4 的分析程序,将 ModRes 程序产生的一个 SDIF 文件提取到拼图(Patch)的“fob”算法中(顶端的波形图标)。

^① 李春芳:《加法合成技术原理概述》,见 <http://www.uaudio.cn>。

例 61 在 OM 中的 Chant 合成与 CSound 合成



拼图左边是 Chant 合成器,右边是 CSound 合成器,而它们的采样源是相同的

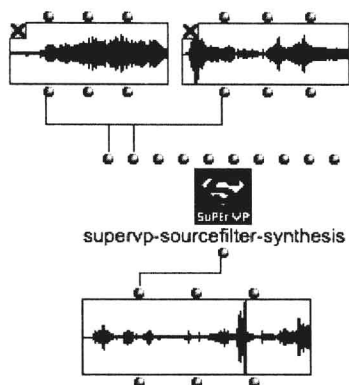
这个例子说明虚拟合成器的显著特点,不同的合成器可共享同一数据而作各自的调整,如振幅包络、频率、最大振幅、颤音等等。注意:这个矩阵的解析选择是任意的。当面对各种音乐风格的应用时,它是最具实用价值的一种。

(3) 在 OM 中的滤波合成

OM 使用 CSound 语言开发的有关声音合成音源和界面程序已经面世,有些界面是使用 IRCAM 工具开发出来。它们提供了声音合成更广泛的可能性。

还有一些合成技术,如交叉合成 supervp-cross-synthesis 和滤波合成 SuperVP source filter-synthesis 是另类的工具箱,它们可以调用相应的 SuperVP 函数。

例 62 音源滤波(Source-Filter)合成



SuperVP 的源滤波合成器

(4) 在 pm2 中的加法合成

pm2 中的加法合成来自 SDIF 加法描述文件,它体现为一个函数工具箱。Chant 合成器通过 SDIF 格式文件合成的“合成内核”(Synthesis kernel)可以在 OM 中方便地调用。

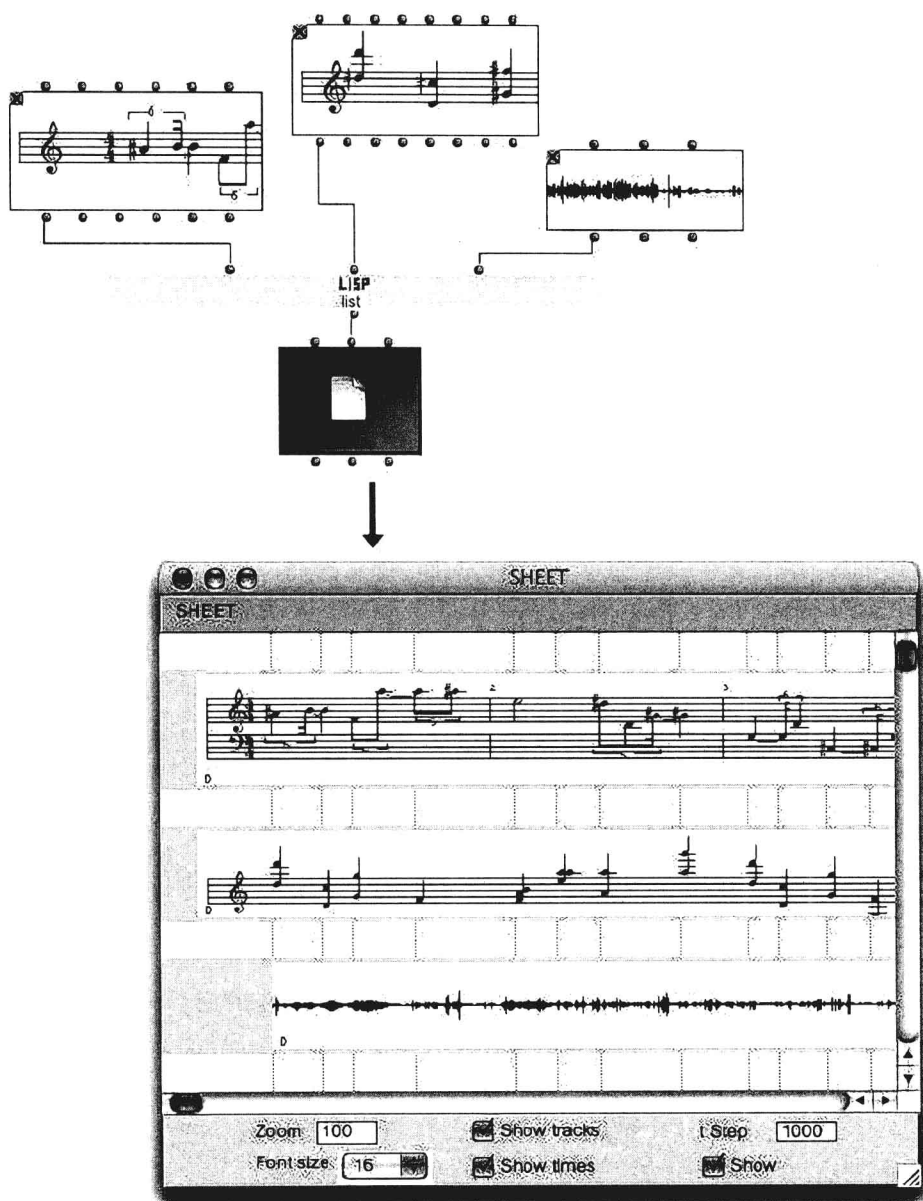
(5) OM-modalys library

OM-Modalys library(模型库)允许使用者在 OM 程序中进行物理建模合成设计,这种工具多数是那些常用于计算机应用中不确定的抽象方法的指导界面,无论如何,它们为开发那些高级控制界面打下了基础。

2.4.5 波形与 MIDI 混合处理

在 OM 中设计了 MIDI 与波形混合拼图,对于为现场混合电子音乐进行预置设计和乐谱设计而言,具有一定的实用性。

例 63 波形与 MIDI 的拼图



Mix 电子音乐的实用工具

2.4.6 小结

OpenMusic 正像它当初诞生时的宣言一样,是一个相对开放的系统。在它的系统平台上,可以直接运行世界上目前最为主流的音乐算法软件和音频信号合成处理软件。如,Audiosculpt、CSound、Max/MSP、Faust、Supercollider;还可以通过 MIDI、Finale 和通用乐谱格式(MusicXML)的文件格式的转换进行资源共享。OM 通过 IRCAM 各个程序设计组的研发,并与其他相关机构,如 INA-GRM、Cycle74、CSound 等合作研发或购买第三方的技术,使它从一个简单的音乐算法拼图程序,逐渐发展为功能强大的 CAC 计算机辅助作曲软件。

2.5 音乐结构搭建

早期频谱学派的音乐结构与之前的传统音乐、序列音乐完全最大的不同在于,之前的音乐,其结构推进主要是动力是主题(包括序列)的重复——变形——更替,或调性的建立——打破——重构。在早期频谱音乐中通常没有音乐的“主题”,在一段音乐中,尽管有调性(建立在同一基频之上的泛音列可视为同一调性领域),但无调式,因此无法建立和瓦解多数人认可的常规调式调性;尽管音高材料主要依赖于和弦及其序进,但不存在“和弦转位”的概念,更多地体现出由高叠和弦的各音之间的转换形式而编织成的音响织体的延展过程。通常在一个完整的作品中,似乎只需寥寥无几的(可能 3-5 个)和弦被无限放大和处理后,便可逐渐生成出一幅“静态的”、彩色斑斓的频谱音画,音响材料的处理与生成过程即是音乐的结构。它像是将一个闪亮的和弦晶体放在阳光下,用多棱镜从各个角度对其进行滤波观察一样,同样可以看到丰富的色彩变化。

2.5.1 解构的泛音列

例 64 是格里赛的《分音》开始部分,它像是一个解构的泛音列在时空中不断分裂、弥散的过程。作曲家将低音提琴拉奏的 E0 音比长号的 E1 基频音还要低一个八度(注意:早期音乐的音组划分比当前计算机音乐的低一个八度),在低音提琴上演奏 E0 这个最低的空弦音要比其他需按指演奏的音要强烈得多,因为空弦音可获得更多的泛音共鸣。

例 64 格里赛的《分音》

Handwritten musical score for Example 64, "Grisey's 'Spectral Analysis'". The score is for a full orchestra and includes dynamic markings and performance instructions.

Tempo: $\text{♩} = 70-80$

Dynamic markings: ppp , mf , f , pp , mp , f , ff .

Performance instructions: *con sordino (plunger)*, *alto sol ponticello*, *ord.*, *arco*.

Instrument parts: Picc., Cl., Tr.b., Vl., Va., Vc., Cb., Lira.

解构长号 E1 音的发声过程(格里赛手稿影印)

以长号奏出 E1 音的超声波扫描图模型的作品开头部分并不寻求对自身的原样模仿,而是对原有的初始音的放大和变形。此时,听众仍可以在作品中感受到潜入长号 E1 音中的初始音的音感,同时,通向一个全新的源自初始音的声音领域的大门就这样被打开了。作品此处似乎激起了第二代和第三代频谱音乐作曲家对音响性音乐潜力的极大兴趣。

例 65 是米哈伊《记忆》(Memoire/Erosion)开始部分持续的音高或音色后续发声器概念的产物。后续发声器是一个人工智能和遗传工程学的借用概念,它指遗传中所人为产生的变异状况。在音乐中,一个音产生后,随即由一串音

加以音色调制或空间效果的修饰和变形处理。这一手法在许多崇尚精细感的近现代作曲家的乐队总谱中并不少见。

例 65 米哈伊的《记忆》开始部分



这段音乐是音高或音色后续发声器概念所形成的产物(米哈伊手稿影印)

上例的整个和声结构是建立在圆号第一个 C4 音开始的。弦乐(a 动机)用超过 C4 的高音 G6 音开始,逐渐地将弓子移向琴码并滑向低八度的 G5 音。当圆号的 C4 音轻轻滑向降号时,它似乎在慢慢地转动转盘,对 b 动机进行逐渐地减速处理。漂移和萌芽效果开始变得紧张(d—e—f),当弦乐的泛音加强时,圆号却在减弱,直至消失,可同时,频谱却在增加弦乐音色的失真度(g—h—i)。B[♭]音开始,内部的合成频谱被增强。一个熟悉的再循环现象(J,最下行中),以及最终持续音伴随着像它自身泛音的高频音。

常规听觉组织结构(Auditory images and musical structures)是人建立的一个稳定的、与声源项目参数一一对应的听觉图像,使人们更容易识别它们。在音乐的语境中,作曲家的奇思妙想一般来自对声源音响的重新构图,即创造新的织体和新的配器法。假如整个交响乐队中的每件乐器都可以被当作一个单音音响中的各分音被内心听觉所感受,那么作曲家对新音乐的结构悟性就将显现出来,如果将内心的感受能够用图或谱一幅一幅或一段一段正确地表达出来,那么一个典型的频谱音乐作品也就写作完成。

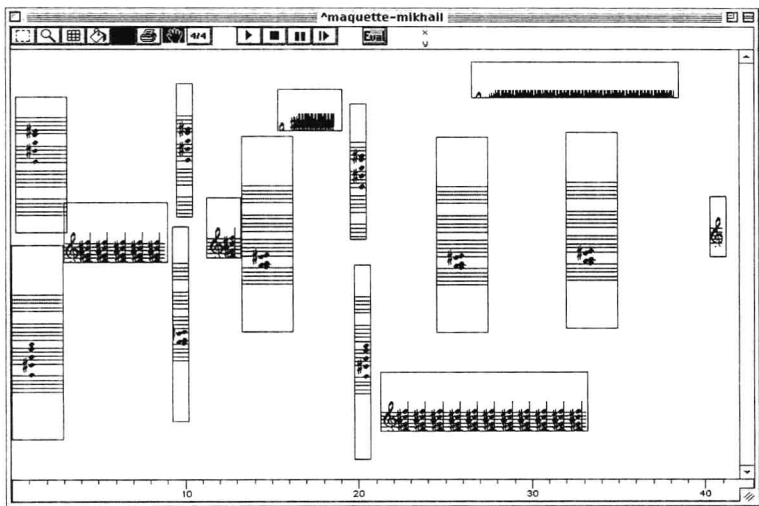
2.5.2 曲式结构设计模型

前面已经提到过,许多频谱作曲家并非在 OM 中完成所有创作工序,而仅仅

作为超级的辅助作曲(CAC)的计算器。但为了一个体系的完整性,OM 还是开发了一个“建筑草图”或“结构设计模型”的超级 Patch,一个置于顶层的 Patch—Maquette。这是一个大的容器对象,可以将各种由作曲家预设完成的碎片,其中包括各种 Patch,甚至次级 Maquette,或导入外部的音频和 MIDI 文件等,都可以放在 Temporal-box(临时寄存箱)对象中,然后在 Maquette 的时间轴线上将这些只言片语、声音残片进行简单地拼贴、整合,再输出为合成的波形文件。

Maquette 可被看作是带有时间维度的特殊 Patch。Maquette 里的时间对象 tempobj 可以各个独立地呈示在时间框架之内,也可以通过各自板块内的输入和输出相互关联起来。在 maquette 的空间中,各个 tempobj 的位置可以任意移动,以调整各材料在时间轴上的相互关系。不同的对象可以在时间维度上进行任意并置、组合和互动。Maquette 也可以被拖入 Patch,并与 Patch 中的其他元素相互关联。于是,Maquette 便成为组合和编辑更高级、更复杂的音乐材料的一种处理手段了。

例 66 模板式结构拼图



X 轴是 42 秒的时间线,画面上的对象、Patch、次级 Maquette

在 Maquette 中的操作过程非常像“设计”而不像“作曲”,故很少有作曲家会实际用到此功能。但类似的方案作为一种创作构思的草图或设计的方法,却被许多先锋派、电子音乐作曲家所广泛采纳。很多音乐学院在招收电子音乐作曲研究生时,都会被要求用与例 66 大致相似的图谱形式做出电子音乐或音响

性乐队音乐的模型设计。

在 Maquette 中调入各种类型或格式的文件后,如 MIDI、波形、已有的 Patch 等,可作为预置的模块随意拖放,自由搭建曲式结构。由于这一拼图的横向为时间线,因此,拼贴的各种预置模块可以直接试听音响结果并作细致的调整。最终搭建完成的整段或整首音乐可输出为音频文件或其他格式文件。不过,这种早期“后现代风格”的简单拼贴很少有人真正使用,绝大多数的“后现代”的严肃音乐作曲家还是使用绘谱程序或手写方式完成整个作品的谱面创作。

米哈伊对自己的音乐结构方式作了如下陈述:“有时我并不知道该从那儿下手,可能有时知道,但我老实说,还想不起来是什么时候,但两种可能性都存在。你可能有一个了解起点和终点的过程,然后你决定从一个点怎样到达另一个点。用这种方法来做,你可以称其为插值过程(process of interpolation)。但有时你也可能确有一个起点,一个不断推进的起点系统,这个系统就可称为外推法(extrapolation)。通常情况下,我选择我知道准备去哪儿,但有时我又想尝试一些事,看看会发生些什么。”^①

音乐美学家王次炤教授在他的《音乐美学新论》中指出:“假如说音乐创作也是一种难题解决的过程的话,那么,它就是不断地以一个音响为基点向另一个音响求索的过程,这种认真的、花大量时间的、不依靠别人帮助和认可的求索过程,正是创造性劳动的体现,而所谓‘最恰当’的解决依据又正是取决于作曲家的审美判断。美国音乐学家 L. 迈耶把音乐看作是一种‘期待’和‘期待解决’的过程。并认为‘期待是一种与特殊的音乐风格相连而发展起来的习惯反应’,是‘风格经验的产物’;而期待的结果又必须在‘一种信念和态度的组织体系’之内。”“假如我们把音乐创作看作是‘期待解决’的过程的话,那么,它就是作曲家按照自己的审美经验不断地期待并寻求到期待结果的过程。”^②

2.5.3 序列主义技法

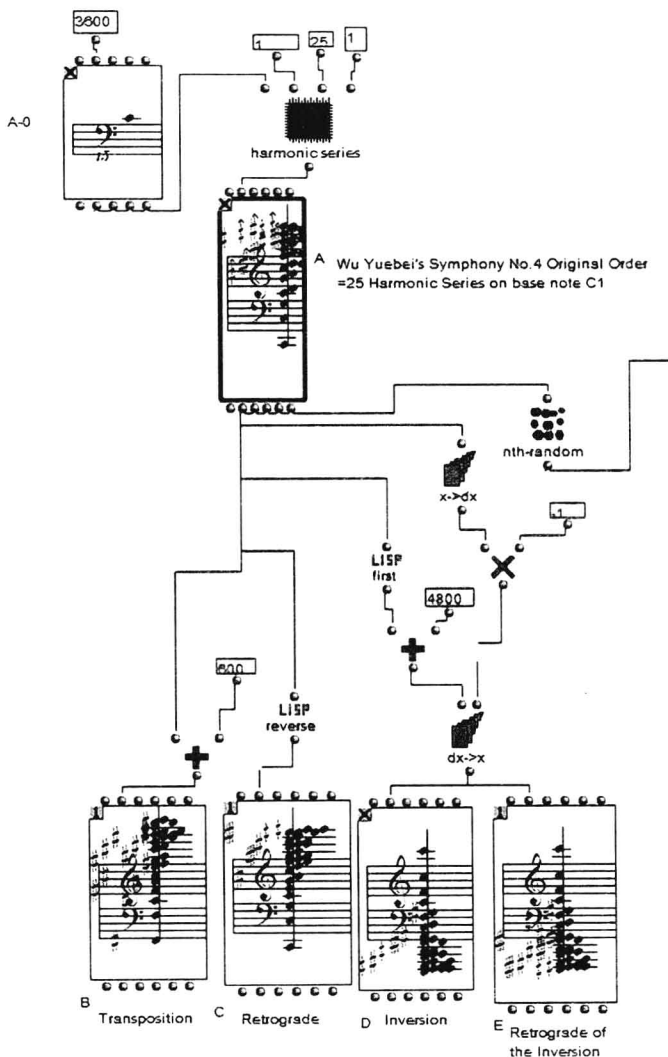
序列主义建立在音高方面的法则几乎没有一样是独创发明的,都是从巴洛克、古典主义中继承的,不过是极端化的结果。频谱学派反对封闭的序列主义作曲观念,却提倡结构主义的理念。序列主义在对作曲各要素(音高、节奏、音色与和声)进行全面控制,看似有序的情况下,却没有特别讨论用怎样的人文理念、科

① *Ostrava Days* 2003, from Tristan Murail's Lecture, http://ocnmh.cz/days2003_lectures_Murail.htm.

② 王次炤:《音乐美学新论》,中央音乐学院出版社,2005。

学态度、宗教思想或政治诉求来进行有方向性的控制,使其在听众(大众或小众)的知识比对体系、审美体验心理,以及听觉感官刺激等层面上做到合法化与合理化。频谱主义在这些方面做出了后现代派的折中方案,即,在顾及听众感受的前提下,有效回收利用现代主义留下的一切遗产,当它适用时便有价值。

例 67 吴粤北《第四交响曲——金字塔》(2008—2009)的材料源之一

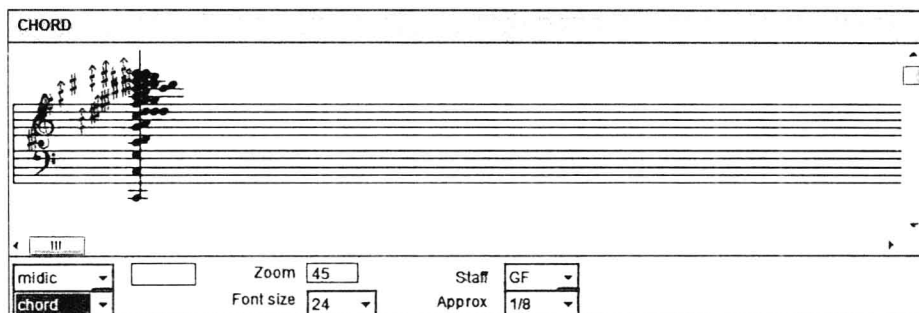


选自大型 Patch 的 C1 音的泛音列、沉音列及微分音列的部分

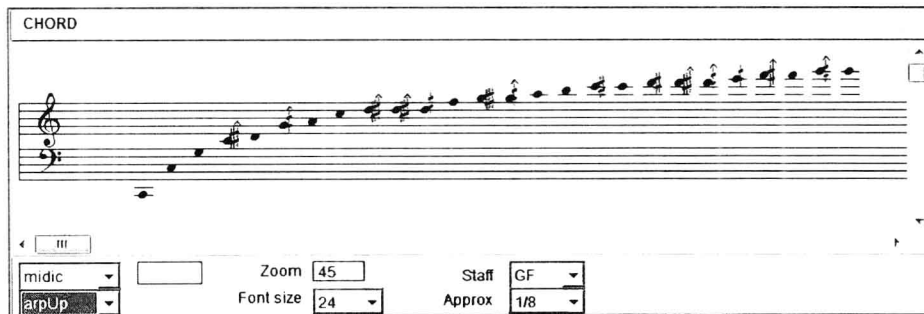
数字通讯时代所有信息都可以被描述、被量化、被传输或被转换。音高信息可以转换为节奏、音量、演奏法或音色改变等控制信息,甚至直接的音响合成信息,故此时此刻才真正有可能实现序列主义作曲家难以实现的梦想。在 OM 中可以极为轻松地完成全面序列所有技法的实现。

从例 67 中我们可以看到 A0 是基于 3600 微键位的 C1 音(为了微分音的需要而使用“微键位”单位,即 1000 个微音分(mcent) = 1/2 音高),这样可以方便地产生 1007mcent 的微分音。通过谐音算法生成 1-25 号泛音列;这个泛音列可序列化,并可转调(B)、逆行(C)、倒影(D)和倒影逆行(E)。例 68 的 abcd 中均使用了 1/8 微键位表示,并可以通过自创的 Patch 和音源直接演奏微分音。

例 68a 谐音和弦(1-25 号谐音)



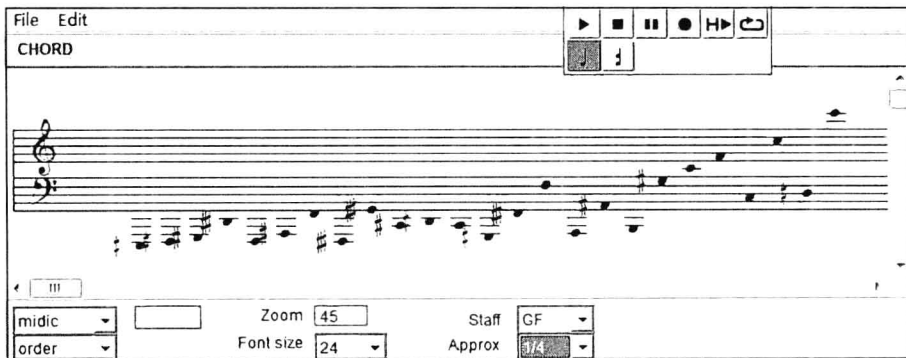
例 68b 泛音列



例 68c 原型序列



例 68d 倒影逆行



从上述图例的左上方我们可以看到窗口名是“CHORD”，但 OM 的和弦窗并不只是为了设计和弦。之所以称其为“和弦窗”，是因为频谱学派的出发点始于泛音频谱，其中的分音既是音高材料，又是和弦材料，除了和弦以外，还可以用它自由设计音序或主题动机，如例 68c 的原型序列。目前，很多并不看好频谱音乐的作曲家都会发现，许多早期的频谱音乐作品听上去似乎缺少刚性的东西，其中主要原因，就是因为它被限制在“近亲繁殖”的环境中，即在同一祖先——单一音高频谱（类似族谱）的系统之内进行着音乐音响的生产所致。

在和弦窗中设计的音高素材可以用和弦的方式显示（参见例 68a 左下角：chord），可以音序的方式排列（例 68c 左下角：order），也可以集合的方式从低到高（例 68b 左下角：arpUp），或从高到低地进行排列（沉音列）。还可以 1/8 微分

音(例 68a 右下方: Approx 1/8)或 1/4 微分音(例 68d 右下方: Approx 1/4)显示并演奏。注意:例 68d 的右上方打开了一个 MIDI 文件播放装置,可对音高进行设计,并以微分音进行 MIDI 控制播放。

频谱主义基本的技术出发点是针对音响和色彩的,它与法国的文化和政治观保持一致,与德国文化长期以来相互抵触,序列主义以音高序列为主的勋伯格(A. Schoenberg)十二音技术在频谱音乐中很少使用。同时,频谱音乐是在探索音响的微观世界,呈现出来的音乐形态仍然是非常抽象和富于色彩感的,而这一点又吻合了威伯恩(Anton von Webern)、布列兹(Pierre Boulez, 1925-)的点描音乐和全面序列中的音色、响度和节奏等相对次要的因素序列,只是频谱序列强调自然有序,而序列音乐强调人为有序,并不能完全有效地反映出音响张力改变的正确状态。无论如何,20 世纪六七十年代发明的音级集合、自由序列等音乐分析法对频谱主义音乐家有着不可忽视的重要影响,但频谱学派却有意回避使用序列主义技术进行创作,但会使用音级集合分析方法分析音乐音响中存在的结构逻辑。

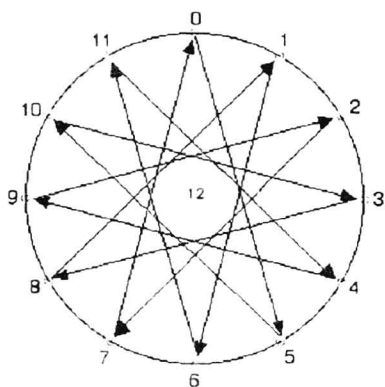
2.5.4 音级集合分析

自从 20 世纪 60 年代以来,许多作曲家,如巴比特(Milton Babbitt)、希纳基斯(Iannis Xenakis)、维耶鲁(Anatol Vieru)等人就明确提出“群结构”(Group Structures)概念。1973 年,艾伦·福特(Allen Forte)发表了《非调性音乐的结构》(*The Structure of Atonal Music*),其中最伟大成果便是“音级集合论”(Pitch-class Set Theory, PCS-Theory)。

为了 OM 自身功能的完备,IRCAM 自 1999 年起开发了在 OM 平台中运行的音级集合可视化分析程序。在其中可进行音级集合的快速分析运算,同时,在同一程序中还兼顾了对群结构论范例的分析。

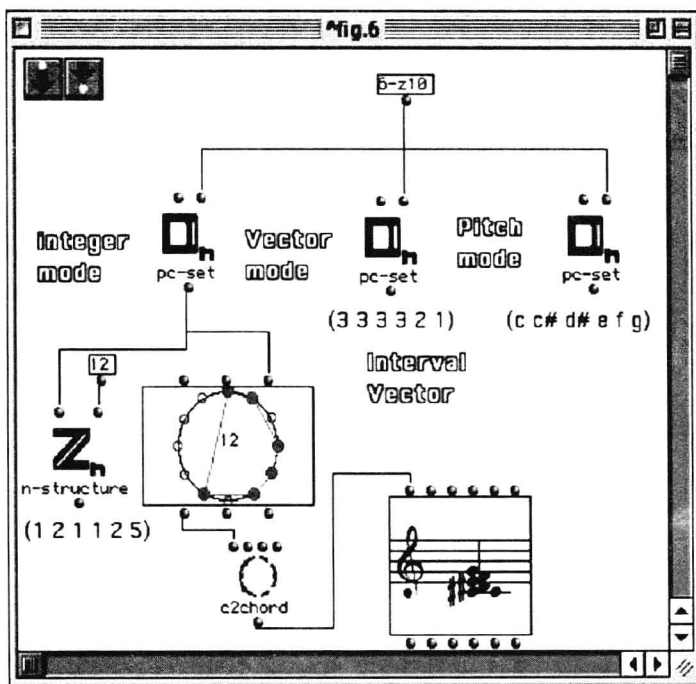
如果仅仅使用计算机进行艾伦·福特的音级集合分析似乎觉得大材小用,因为用例 69 中“12 点钟”(十二律)的五度循环圈以心算方式就可迅速推演出结果。但一旦“群结构论”提出后,将其用于与音乐和音响结构相关的各个方面的分析方法之中,特别是当频域映射到时域后所产生出一系列新难题需要解决时,就显得非常有意义,而且非常实用、方便。

例 69 “12 点钟”(十二律)五度循环圈

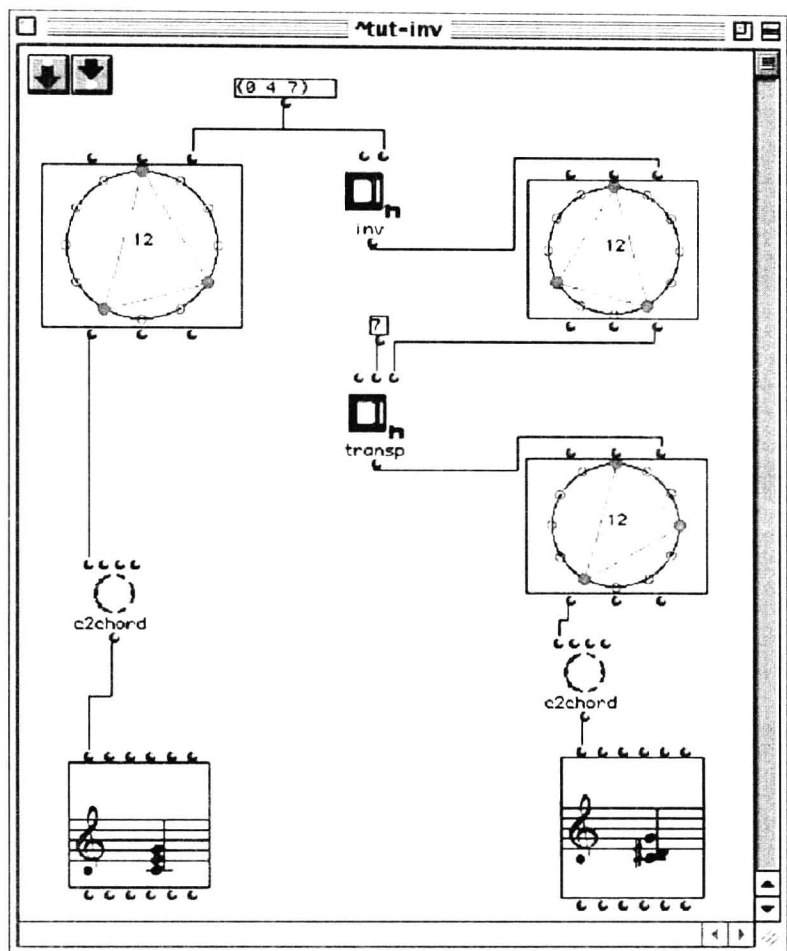


五度圈可对音律、和声、曲式,甚至时间、星相、集合等作快速推演

例 70 OM 中的音级集合与 n-structure 分析

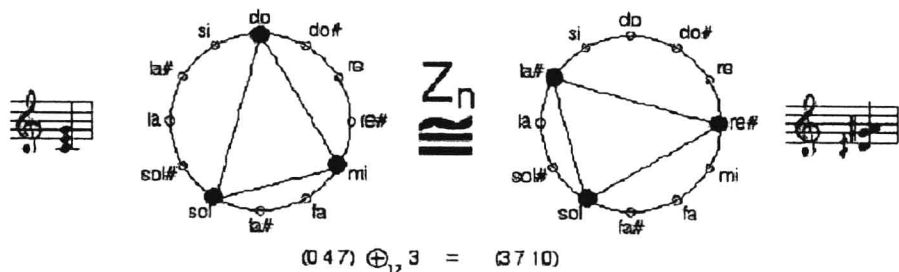


例 71 在 Dn-action 中和弦可大小互转、可倒影



例 72 是使用“Z/nZ 行动”将 C 大三和弦很容易地转调为另一个大三和弦。在 Dn-action 中,和弦可转调或可倒影,在这种情况下,C 大三和弦可转成升 C 小三和弦。

例 72 快速计算出音级集合序号



OpenMusic 程序目前以更加开放的姿态将第三方开发的算法或音频处理软件直接挂在系统中运行,但使用如 Finale、Sibelius 等软件来进行传统方式作曲时,就不存在特殊的音乐结构或曲式的问题。

2.5.5 小结

作曲家都知道,同一和弦音由于其排列的音区不同、音程密度不同,原位与转位形式不同,这一和弦音响的色彩便会有所不同。同一和弦的转位或重新排列,尽管不被认作是“和声进行”,也会产生一定的、至少是微弱的和声张力。由于在常规作曲中,尤其是调性音乐中,音乐主题的展开和调性调式的转变是关注的焦点,而和弦排列、转位、音区转移等变化的听觉效应就有可能被偏重主调音乐写作的作曲家所刻意忽略,但早在数字低音年代的和弦与其转位仍然视作不同的和弦连接。同理,先锋派音乐中同一向量却不同音级集合的谐和度的排序,即便去除配器的因素,其中的和弦紧张度和它们之间连接的张力感也完全不同,不可能与人的主观听觉效应完全对应。少数作曲家会将“和弦”的音响密度与和声进行的张力概念相混淆。所以,音级集合理论对频谱学派并不重要,他们不太关注音与音之间构成的组合形态。其实,音级集合理论也是一种类科学,它不能完全正确地反映不同“和弦”自身音响的紧张度,因此,也就无法正确地反映出和声进行的张力。

频谱学派主要使用谐音列、分音列概念,一般不主张使用序列主义的“音序”概念作为作曲的主题材料,他们认为那只是排列组合的音级集合不同,而构成声音密度的材料是完全相同的,而他们更关注声音的内部结构——音程密度、谐和度和波形调制变形,以及它们之间的渐变过程。

第三章 频谱作曲之结构

从抽象的观念或技术层面转变为具体的认知层面的途径是多样化的,而逆向的途径则是相地单一的。众多作曲家受到同一观念的影响,而在他们的作品里表现出的则是不同的形式和式样便是一个佐证。

3.1 格里赛《分音》的创作分析

在所有频谱学派作曲家的作品中,法国作曲家格里赛(Gerard Grisey, 1946-1998)的作品是最具狭义频谱音乐特征的。在他的重要作品中,《声音空间》(Les Espaces Acoustique)是规模最大的套曲,由前奏(Prologue)、时值(Périodes)、分音(Partiels)、调制(Modulations)、瞬态(Transitoires)和尾声(Epilogue)共六部独立作品集合而成,写作时间共11年,整曲共约90分钟,音乐基本材料源自于长号的E1音、泛音及其泛音的比例变形。整个音乐从E1音开始经历22分钟一连串有关于声音的一次次探险。这部巨作本身可以说是频谱音乐的一项大型实验工程,作曲家在其中的发明了后来被他称为“乐器合成”或“乐队合成”(Instrumental synthesis)的配器技法。在这部套曲中,格里赛一步一步地将在电子音乐实验室中摸索出来的电声技术真正落实到传统乐器的记谱和表演之上,从而创立了他独特的、具有真正原创意义的频谱音乐的艺术风格^①。

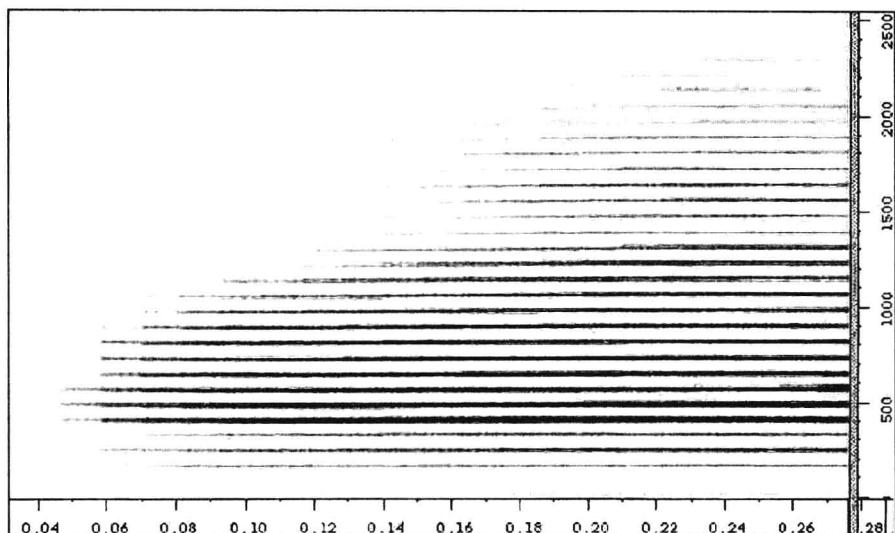
3.1.1 材料分析

在频谱音乐刚出现而个人计算机尚未普及的时代(1975-1985),对于声音

^① 章朝盛:《Gerard Grisey 与频谱音乐》,见 <http://cdhi.audionet.com.tw>。

频谱的测量不得不借助超声波扫描仪来完成。作曲家为了获取这部套曲的音高材料,对长号吹奏 E1 音(82.4Hz)的单音进行了采样录音,并通过超声波扫描仪对其进行了频谱分析。例 73 便是这一分析的其中一次结果,从中我们可以清楚地看到每个分音的能量,并用音乐家所熟悉的音符和强弱记号来表示。其实,任何稍有常识的音乐家都能背出这串泛音列,可作曲家却非常看重它的物理测试的实验结果。之所以要测试,是因为作曲家在整管弦乐写作中将会参照这些实验数据,特别是各泛音之间的能量比例,如实将它们翻译为乐谱“记录在案”。所以,早期的频谱音乐像是将在实验室所做的音响声学实验报告,用一种音乐家或许看得懂的乐谱或图谱形式给记录并描绘出来,不太像作曲,但却为作曲家找到了新的作曲材料之矿藏。

例 73 长号 E1 音及分音的超声波扫描图



图中可清楚的显示各分音之间的能量比例关系

通过超声波扫描图,我们可看到泛音列中的各分音以由低向高的顺序依次显现。同时,最低的分音,包括基频音都不是振幅最大的音,而第五和第九号谐音则是最响的,而在此较响音域之上的分音振幅将会逐渐减弱,直至消失。

例 74 格里赛《分音》的音高材料

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

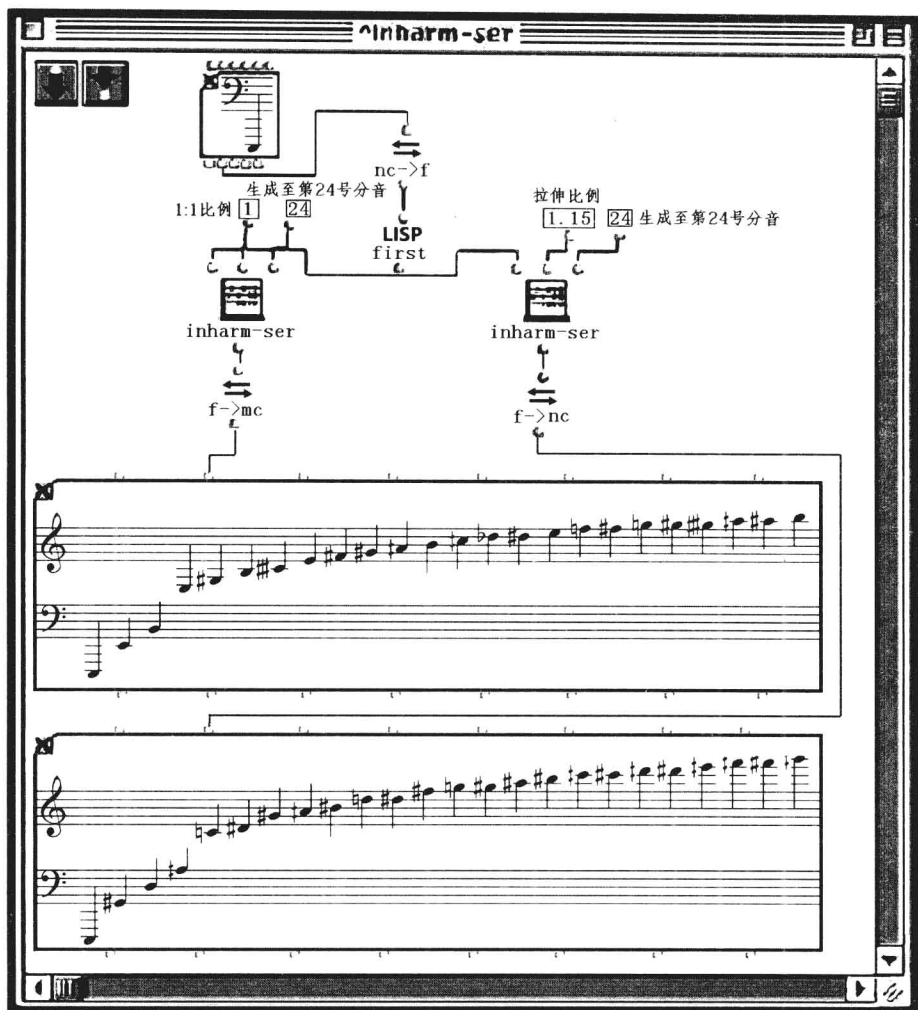
E1 的泛音列及其每个分音能量的乐谱表示

此模型,包括各分音音高在 24 平均律上的最近值,以及与例 73 的响度相对应的力度记号都被翻译至例 74 的乐谱呈现;并且将所有分音按照能量比例关系对应分配乐队的各声部演奏:

分音:1. 长号(基频);2. 低音提琴(*fff*) + 大提琴(*ff*);3. 单簧管 1(*f*);5. 大提琴(*f*);7 和 9. 中提琴 1(*mp*);11. 短笛(*mf*);13 和 17. 小提琴 3(*pp*);15 和 19. 小提琴 2(*p*);21. 小提琴 1(*pp*)等。

格里赛通过对 E2 上的自然频谱通过计算后再作拉伸处理,结果变成了非谐音频谱。对频谱作曲家的所谓处理只是按一个比例算出所有相关的变形泛音列,而对许多作曲家而言,手动做到这一点还是存在一定难度的。

例 75 在 OM 中谐音频谱的拉伸变形处理



使用 OM 而自动生成的谐音频谱和非谐音频谱

例 75 是在 OM 中通过非谐音(inharmonic)算法,以 1:1.5 的比例来快速实现格里赛这一频谱的变形,可当初格里赛却不得不靠手动计算辛苦获取这一看似简单的结果。

例 76 中频率成分可以整数除尽,说明它们是多重谐音。《分音》的第一段展开材料基于例 74 的分音,其中缺损的分音是:3、5、7、8、9、11、12、13、15、16、

17、19、20、21、23、24、25、27、28、29、31、32、33、35、36、37、39、40、41、42,除了开始两个音和末尾一个音外,其他音都是4音去1音的梳状滤波结果。声音有点空洞,但具有明亮的金属电子感^①。

例 76 格里赛《分音》第一段(1—90 秒)的谐音结构和弦

分音
43
38
34 Violin
30
26
22 Piccolo
18 Viola
14 Viola
10 Cello
6 Clarinet
4 Cb
2 Trombone
1 Cb

状滤波获得的金属感和声音响

3.1.2 结构分析

例 77 格里赛《分音》的结构图

乐段	I	II	III	IV	V	VI	VII	Coda
小节	1—11	12—21	22—27	28—32	33—41	42—46	47—48	49—Fine
材料处理	长号在E1音上的频谱	失真长号吹口劈音	人声主唱附加声部	锣声不规则颤音	沙锤渐快/渐慢	重音条纹	缓慢而庄重地变速节奏	寂静/神秘戏剧性

^① *Perspectives of New Music*, François Rose, Vol. 34, No. 2, 2003.

3.1.3 音乐分析

例 78 格里赛《分音》第一段(开始的 9 小节)的总谱^①

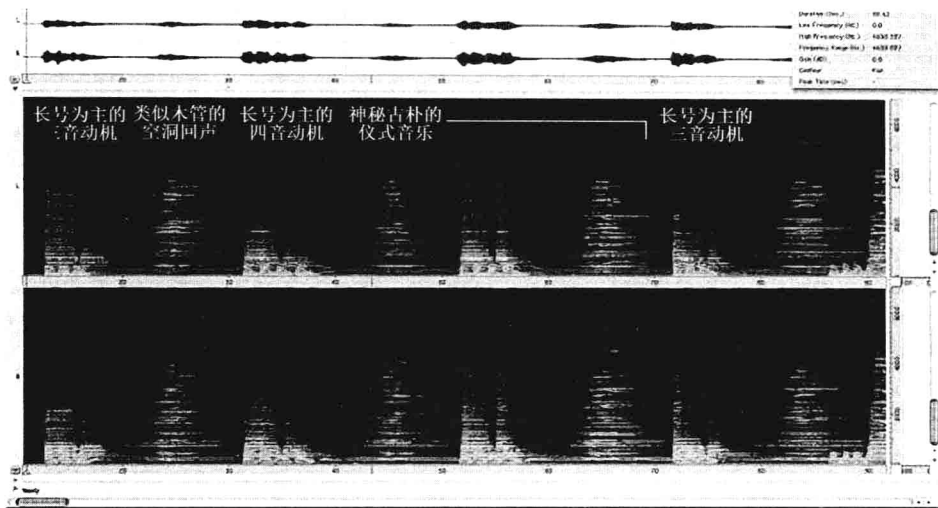
长号 E1 的泛音列通过乐器接力,逐步弥散至空中

格里赛 1975 年在创作《分音》(为 18 件乐器与磁带而作)时,通过超声波扫

^① [德]瓦尔特·基泽勒:《20 世纪音乐的和声技法》,杨立青译,上海音乐学院出版社,2006。

描图来对长号吹奏的 E1 音的超声波扫描分析后,得出作曲的基本素材,再以这一素材为基础对音乐的四要素进行挖掘、控制并展开音乐的历程。这部作品有七个段落,其中奇数段落一、三、五和七属于以 E1 为基音的频谱音响,而与此形成对比的是由噪音音响构成的偶数段落二、四和六。

例 79a 格里赛《分音》第一段(1—90 秒)的音响频谱



90 秒的引子充满神秘的仪式感

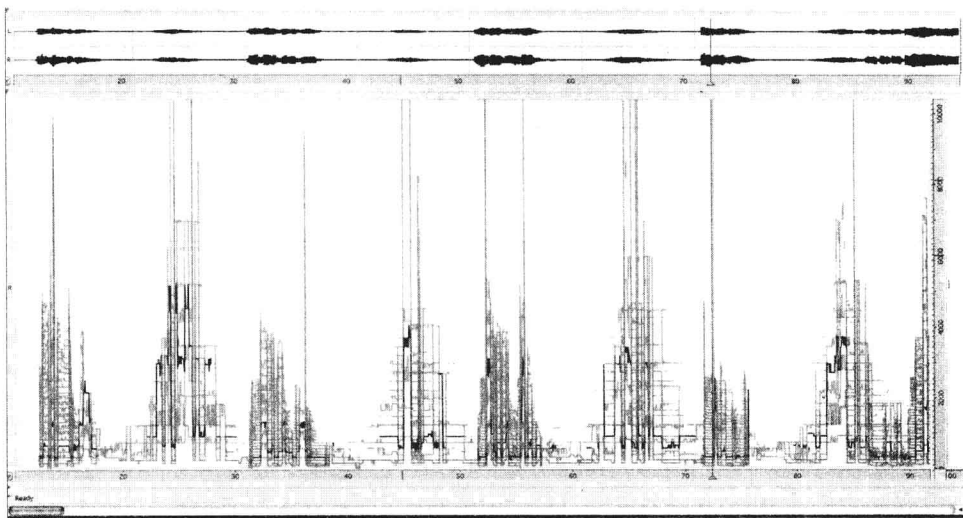
例 79a 是笔者对《分音》第一段(1—90 秒)音乐音响在 IRCAM 的 SoundSculpt (声音雕刻)平台上所作的声谱分析图。x 轴为时间,y 轴为音高频率;横向线段的长短说明音符持续的状态;在彩色图谱中,较密集的谱形表示明亮的音色色谱;较稀疏的谱形表示声能密度较小,说明音响空洞,它是由非谐音频谱所产生的结果;而谐音频谱其泛音分布正常,呈现出上疏下密、上短下长、梯次递减的特点。同时,从图中我们还可以直观地看出,这段音乐的音响结构是由两个主要材料——坚实的谐音频谱与拉伸 1.15 倍松弛的非谐音频谱交替出现而构成。

格里赛的大型乐队作品的配器理念不仅仅关注频率本身,更关注长号频谱的分音在分配给其他乐器后各自先后进入的时间点;同样,每件乐器代表的合成声音的力度感也被充分考虑。例如,从超声波分析图可以看出长号力度的第 4 分音较弱,这时,它在这个分音上的弦乐低音配器就非常弱,甚至比那些作为衬底的浊音声部还要弱得多。第一小节低音提琴/大提琴、长号、单簧管、小提琴和中提琴等用 f 、 ff 和 fff 进入,所呈现的就像是一个慢镜头的长号发音的

起振过程,在第5小节达到稳态—持续的滞留和弦。低音提琴、大提琴(频谱最下方的线段)、长号和圆号(紧接上方的长音)演奏的 E2 音在开头部分并不寻求对自身的原样模仿,而是对原有的初始音的放大和变形。此时,听众可以在作品中感受到潜入长号 E1 音中的初始音的残留物,同时,通向一个全新的、源自初始音的声音领域的大门就这样被打开了^①。

格里赛可被认为是一位音响设计的天才,除了有极为敏感的生理听觉外,还有非常强的内心感悟能力。例 79b 是笔者对《分音》第一段(1—90 秒)音乐音响采样的 MIDI 数据客观分析的结果,与格里赛最初运用音响(音高)发生器观念所设计的音响结果非常接近。如奇数音群为谐音频谱,泛音密度均匀;偶数音群为非谐音频谱,音响密度稀疏。

例 79b 《分音》第一段(1—90 秒)音响发生过程的 MIDI 数据分析图



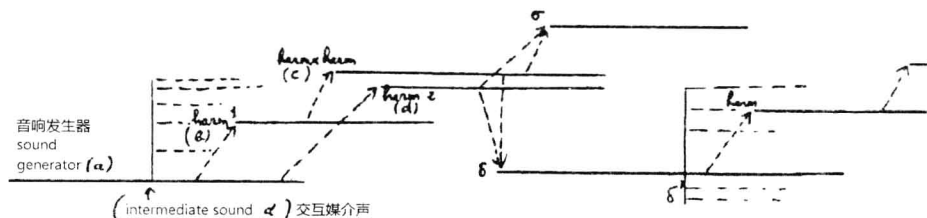
音高和音色的复杂度一目了然

这种音响材料的链接处理式样可被通用化。一段音乐甚至整个总谱都可以由音响发生系统来组织。例 80 是米哈伊论文《复杂音响的革命》中所引用的格里赛《分音》最初的音高序进设计手稿。“音响发生系统”,简单的说就是和声音响链接可以通过相同或相近似的技术手段,以同质同构、异质同构或同质异

① [德]瓦尔特·基泽勒:《20 世纪音乐的和声技法》,杨立青译,上海音乐学院出版社,2006。

构等方法将其扩展为复杂型、中间型、稳态或相类似的音响过程,其关键点在于相同技术和相似材料之间的同步、异步和链接关系。

例 80 格里赛《分音》第一段的音响发生系统示意(格里赛手稿影印)^①



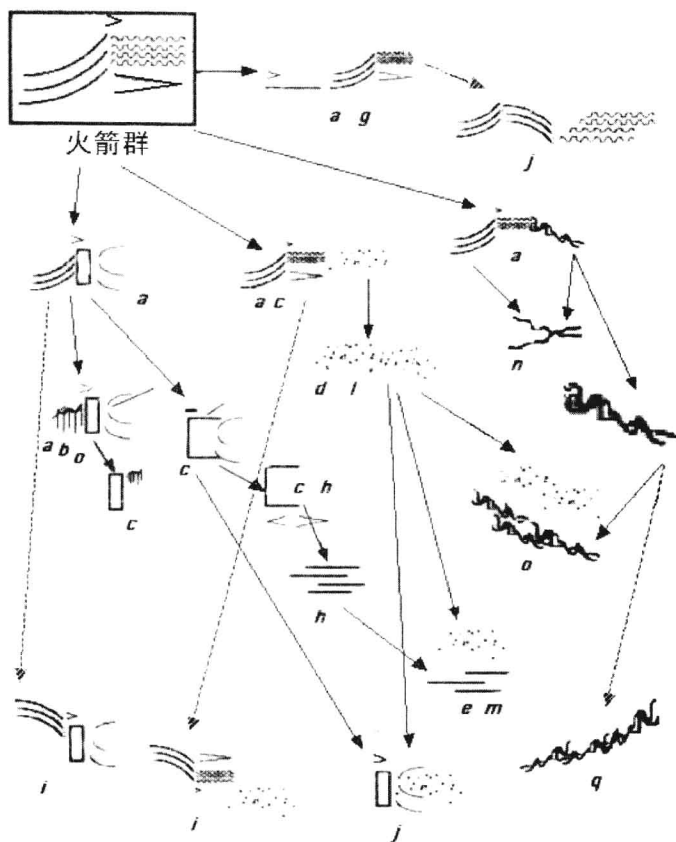
四个声音材料以模仿和嵌入的方式有序链接

这种音响材料的链接处理方式样在米哈伊的《快板》(1999)中有另一种被梅西安(O. Messiaen)称为“火箭群”(Rocket group)的技术用于其中,这就是多个乐器层急速上升至一个重音后随即发出一个颤抖的拖尾音,见例 81。火箭群从一个材料可重复、模进、拆分、重组和变异;颤抖的拖尾音可变异为粒子波——随机波。这里的火箭群分四组出发,各自又开始发生裂变,形成米哈伊称为的“声云”(Clouds of Sounds),无论声云的音响层次多么复杂,其内在的发展脉络仍清晰可辨。

频谱作曲家的音乐创作过程与 17 世纪巴赫(J. S. Bach)的创作非常相似。巴赫在创作一首赋格曲时首先会在一张大总谱纸上进行主题动机(材料)和结构设计,包括原型设计和变形处理,如主题倒影、逆行、时值压扩、甚至音程压扩等;会预设各种声部间的对位(固定对题)、复对位、卡农和多种密接和应方案;此外,还会充分设定乐曲的总音域、各主题声部出现的次序以及它们之间各方面的平衡和平等感。完成上述准备工序之后,剩下的就是按设计好的调性调式布局和展开路径,一站一站地进行工艺化的拼接与合成。其关键之处在于,要艺术性地处理好各段落之间的平滑过渡,写好连接部、小尾声和间插段,使其听起来是一个有机化的整体过程。所有这些技术和方法,不仅被 20 世纪中期的序列主义作曲家所强化,而且也被 20 世纪末、21 世纪初的频谱学派所全盘继承、发扬光大,并用于对声音微观世界的探索和创造的实践之中。

^① Tristan Murail (translated by Joshua Cody), "The Revolution of Complex Sounds", *Contemporary Music Review*, Vol. 24, No. 2/3, April/June 2005, p. 129.

例 81 米哈伊《快板》

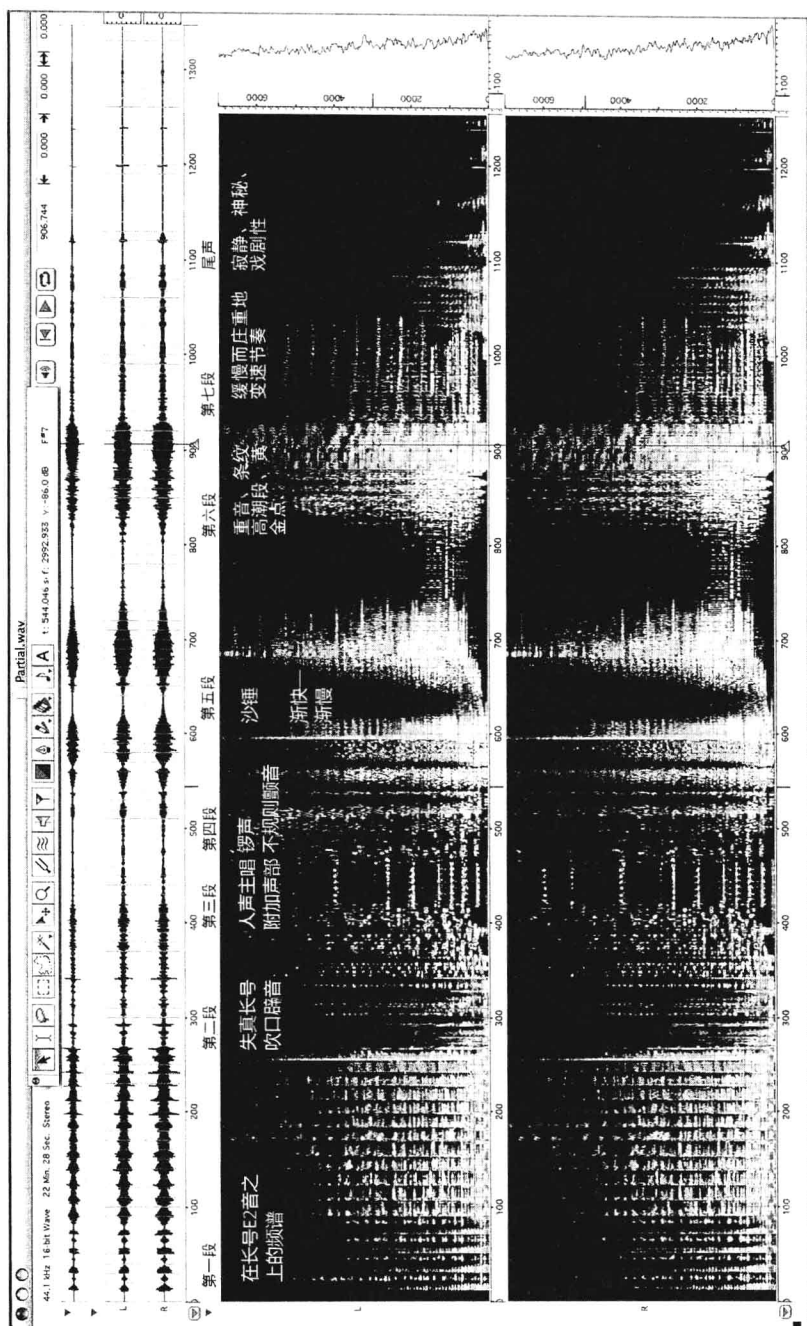


“声云”的有序漂移与分化

3.1.4 音响分析

例 82 是格里赛的《分音》的全局音响声谱图,最右侧竖行显示的是它的频谱图,上方为高频。我们看高潮处的最不谐和处(第 900 秒,第六、七段之间),从右侧的频谱图上,我们可以看出它已经几乎接近白噪声的状态。从 0—100 秒是引入部分,它由一串朦胧的环形调制合成波组成;从 100—200 秒低音提琴和长号在 E1 音上构成的谐音和弦构成;200—300 秒下方是低音提琴,其上方第二分音是长号音色;第 300 秒—400 秒是一段朦胧的、神秘的、具有某种电子乐器效果的经过段,主要使用 FM 调频合成技术,以“乐器合成”模拟而成。

例 82 格里赛《分音》的全局音响声谱图



3.1.5 小结

以下以台湾学者章朝盛针对《声音空间》(Les Espaces Acoustique)在德国科隆完整版演出的评述作为小结:

“全曲由中提琴独奏、富含旋律性的‘前奏曲’(Prologue)开始,这首曲子从E1单个音开展,旋律像一个不断旋转出去的陀螺,不断试探,和谐过渡至不和谐的声响。此段结尾,中提琴的最后一个音被在另一边的七人室内乐团所承续,乐曲便进入第二段‘时长’(Periodes),这也是全曲最短的一段。这里依照作曲家的说法,三种片段——紧绷、松弛与静止,分别对应于人类的呼吸动作的吸气、吐气与静止,是自然界长短不一的无尽循环。音乐进入第三段‘分音’(Partiels),乐曲编制扩大为18人,此段标题正暗示着他所谓‘乐器合成’(instrumental synthesis)的想法,每个乐器都是整个新声音和声中的一个元素,经由控制各乐器的表情、强弱与音高的游移,便可以视为调节一个声音和谐或不和谐、与改变音色的手段,也是乐曲向前进行的力量来源。在新声音的质感与乐器固有的质感相互干涉,时而模糊,时而清晰的情形之下聆听这类音乐时,人们心中很容易就出现美丽的幻象。第四首‘调制’(Modulations)用到的是33人小编制的乐团,接下来的‘瞬间’(Transitoires)则用到全编制88人的乐团。格里赛慢慢在谱中加入新的泛音,直到Transitoires已经用到了E1音的第55个泛音,这样的音响实在过于复杂,没有异于常人的耳朵大概是写不出这样的音乐的。最后‘后奏曲’(Epilogue)回头收束声音的世界,将乐曲中堆叠的泛音一个一个拿掉,最后整首乐曲在绝对的寂静中结束。为了在现场得到尽可能的寂静,演出者必须玩一些小把戏,科隆演出时,最后,灯光聚于乐队中手上拿着钹的打击乐手,作势要大声击响,观众屏息,结果……音乐圆满结束。”

3.2 格里赛《调制》的创作分析

格里赛的《调制》(Modulations, 1976 - 1977)是大型套曲《声音空间》(Les Espaces Acoustique)其中的第四部。套曲中所有六部作品的音乐主题材料都源自于本书第3章第1节所提到的对长号E1音(41.2Hz)所作的采样分析数据、频谱及其变形,其中相同部分此处不再作赘述。

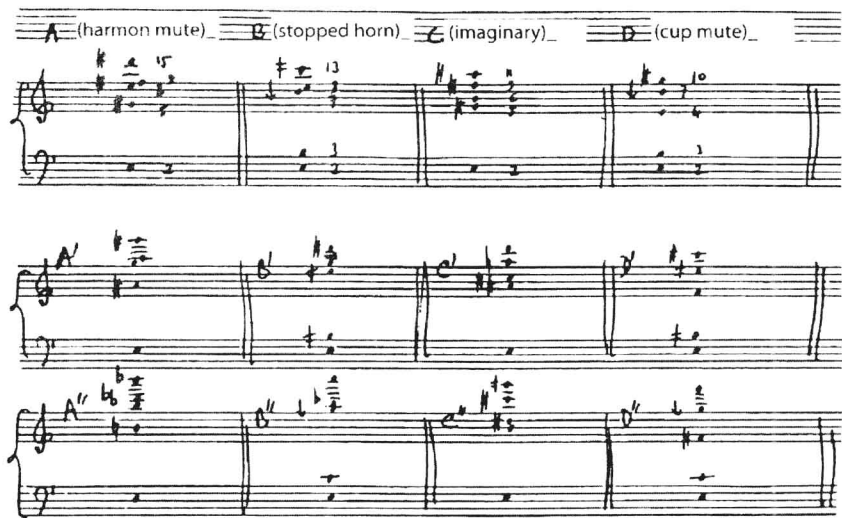
3.2.1 材料分析

格里赛在《调制》(例83)中同时使用了四个有缺损的谐音频谱(A B C D)组,及其他们的变形(A' B' C' D'、A'' B'' C'' D'')组,其中A、B、D组对应着带不同

弱音器的长号 E1 音的谐音频谱;C 组是想象的,但与其他三项是互补的缺失谐音。四个谐音频谱组通过音程的不断地扩张、滤波、分岔,逐步转向了非谐音频谱,在 A、B、C、D 四个和弦处达到其最大值。

和弦材料具体的调制方法是: c = 载体(carrier), m = 调制体(modulator), i = 载体的被调制次数。假如 $i = 1$,则调制出符的过程为: $c, c + m, c - m$;假如 $i = 4$,则调制的过程为: $c, c + m, c - m; c + 2m, c - 2m; c + 3m, c - 3m; c + 4m, c - 4m$ 等,其最终的结果(音高频率转换为微分音音音符)正如例 83。

例 83 格里赛《调制》(格里赛手稿影印)^①



谐音频谱向非谐音的演变

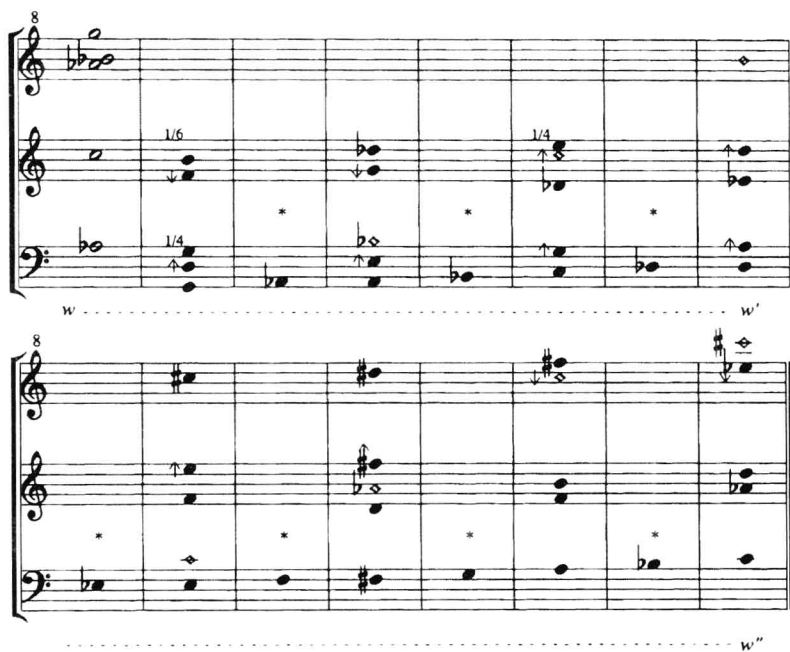
(1) 调制技术的实践

FM 提供了丰富的合成频谱,这一技术在计算机辅助作曲(CAC)的合成中得到迅速发展,可以为格里赛发明的“乐器合成法”提供方便的计算支持。格里赛在这部作品中还使用了谐音列插值技法,参见例 84。

这个室内乐队被划分为四组,每一组都以谐音频谱开始,然后移动两大步走向非谐音频谱。星号处显示了作曲家插入的谐音中间值及步数。

^① Tristan Murail (translated by Joshua Cody), "The Revolution of Complex Sounds", *Contemporary Music Review*, Vol. 24, No. 2/3, April/June 2005, p. 130.

例 84 谐音列插值技法



* 号处标明低音之上的和弦与前一和弦的性质相同,但移高了半音

这里,A组是以D组初始声部的G2(98Hz)基音(除了低五度尖锐的1/4音外)来配器的。基音向上移动五个半音,和弦结构也在同时逐渐过渡。首先(w部分),和弦的第三个音从基频的八度位置移向了小九度;然后,第四个音从1/4降的小七度移向了1/4升的八度位置;最后,第五个音从大三度移向大六度,结果形成了w'结构。例中的替换音记谱为菱形符头,一个较小的过程一直重复至w''结构处。尽管例84只显示了A组的变形过程,但同样的方法也运用到随后发生变化的其他三个组。B组是以C组初始声部的A^b2(103.83Hz)音来作乐队化处理的;C组是以B组初始声部的A2(110Hz),以及最后的D组是以A组的B^b2(116.54Hz)来作乐队化处理的。

(2) 弱音器所起到的滤波作用

频谱作曲家在很大程度上受到电子音乐处理技术的影响,除了加法合成外,还包括滤波、环形调制和频率调制等技术。几乎每一种电子域的技术都被移植到了声学乐器的室内乐或管弦乐的创作技法之中。

例85是例83换了一个角度观察的结果。通过频谱分析发现,带弱音器的

长号等于使用了机械滤波处理,在丰富了高次谐波的同时限制了低次谐波的顺利通过。如当长号使用“哇哇”弱音器演奏的 E2 音,其上方的 2、5、8、9 和 15 分音得到加强,在分析了加不同弱音器的长号 E1 低音的频谱所受影响后,作曲家在作品中使用了这一分析结果,产生出了令人印象深刻的音色演变过程。紧接着,作曲家具体选择了与那些分音对应的音高来定义 A 组的发音;当然,也使用了同样的操作规程来处理 B 组(阻塞音)、C 组(虚拟哑音)和 D 组(常规弱音器)。

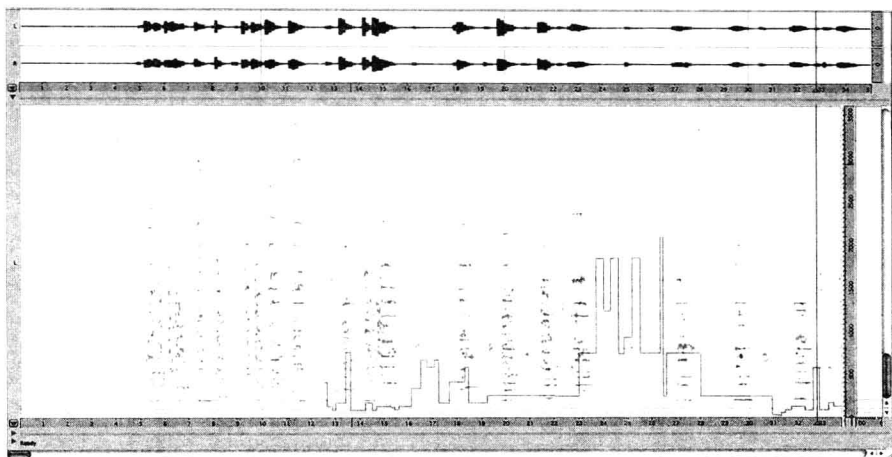
例 85 使用不同弱音器的“机械滤波”方法

Harmonicity -----> Inharmonicity

四段所使用的滤波技术所形成的不完全频谱和弦

3.2.2 结构分析

例 86 全曲开始 5—30 秒的 MIDI 数据分析图



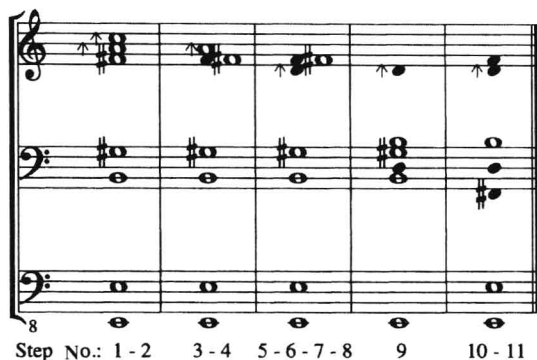
3.2.3 音乐分析

例 87 是每一组使用的第一集和弦,具体讲,每一组的声部都在向下转移的过程中,因为四个组以接续的方式出现,格里赛称这种处理很相似,却不同的音色之间的对位技法是一种“频谱复调”(Spectral Polyphony)^①。这部作品的音高材料处理很有意思,小提琴 3 调律为降 1/4,小提琴 4 调律为降 1/6,小提琴 5 调律为降 1/4,中提琴调律为降 1/6。非谐音部分用实音表示,这里的分音 11.5、10.5、9.5 和 5.5 分别对应着第 23、21、19 和 11 号分音,低一个八度,而且 8.8、7.8、6.8 和 4.3 分别对应着第 35、31、27 和 17 号分音,低两个八度;第 10 频谱包含 6 个非谐音成分,是非常不谐和的。此段音乐的 5 个谐音频谱和弦通过标记为黑符头的音,分 11 步从谐音走向非谐音;而非谐音和弦的不谐和度,则是通过逐步替换 5 个和弦结构中的谐音而渐行渐远,逐步远离基准位置的。

例 87 的第 2 个和弦(小节)中的非谐音(黑符头)第 17 分音(F4)在下一和弦中向下作八度移位,同时第 29 分音(D $\uparrow$ 5)在第三个和弦作向下两个八度的移位。最后,第 4 和第 5 个和弦相继加入第 57 号(D6)和第 9 号(F $\sharp$ 4)分音,分别向下作 4 和 2 个八度的移位。

^① Gerard Grisey, "Did You Say Spectral?" *Contemporary Music Review*, 2000, 19, 2000 OPA François Rose, *Perspectives of New Music*, Vol. 34, No. 2.

例 87 从谐音走向非谐音



渐变的推力来自黑符头音逐步对白符头的替换

例 88 音响与曲式结构列表

第一段	连接段	第二段	第三段	第四段
5 - 30"	30 - 48"	65 - 94"	94. 5"	- end
A 组和弦	B 组和弦	FM 模拟合成	C 组和弦	D 组和弦
FM 合成模拟钟声	长号弱音器	模仿钟声	定音鼓, 森严地	RM 模拟电子长音
迷幻长音	铜管	脉冲声		

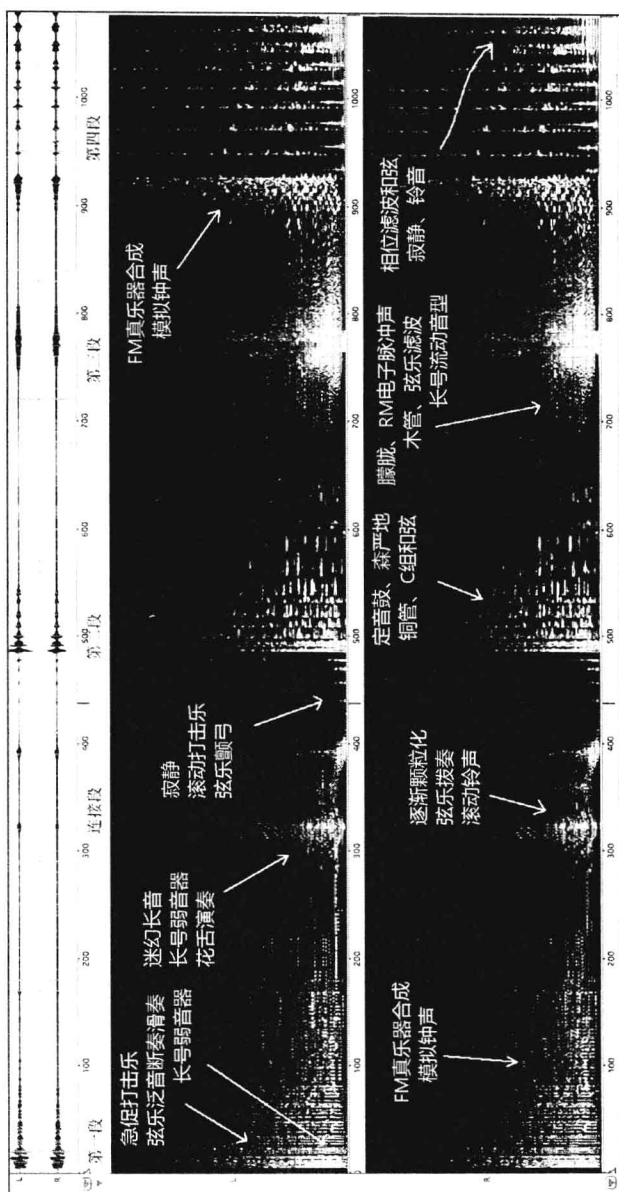
从实际听觉效果的角度看,例 88 也可以被认为存在着微复调现象,这是通过整个模进过程中延留音的 12 次重复出现而实现的。

接着,频谱总音域逐渐变得越来越被压缩。虽然每个成分都有真实的参数,在第一谐音频谱中,这些数字存在于第 2 和第 7 分音,同时第 10 个频谱中,它们被放置在第 2 和第 10 分音上。这里有一个渐变的设计引导谐音频谱向沉音列(Subharmonics)频谱聚集。例如,当第一谐音频谱的密集音群覆盖高音区,沉音列频谱的密集音群则覆盖着低音区。作曲家仅有的原始音高材料是 E4,但是在第 10 和最后的和弦处,第 2 和第 10 的谐音频谱分别等于沉音列频谱的第 10 和第 12 分音。

泛音列(Overtone series)的自然特征是上密下疏的和声音程排列,大音程在下,越往上音程越来越短,直至非常小的微分音。如果将其翻转过来,我们就称它为镜像对称的“沉音列频谱”(Subharmonic spectrum),它是一个推理的结果,在现实世界中并不存在,可在实际应用中却早已存在了。

3.2.4 音响分析

例 89 音响整体分析



全曲的音响结构即是谐音频谱逐渐走向非谐音频谱的过程

3.2.5 小结

在《调制》中,格里赛十分有效地使用了沉音列频谱;还使用了磁带录音机回放与常规乐器演奏,同时获得“电子感”与“混沌感”。FM 和 RM 两种调制技术使用得非常微妙,让那些真实乐器之间的音可被认为是相互调制。其实,声学乐器相互间产生可被听众明显感知的“声波调制”现象并不是一件十分容易的事,它往往只给人一种乐队配器中的“复合音色”的感觉。但格里赛使用了磁带音乐加以辅助,以及依靠乐队队员和指挥敏感的听觉对演奏进行实时的微调,使这部作品终于实现了格里赛用真实乐器调制出“乐器合成音色”的梦想。当你第一次从唱片中听到这部作品时,完全可能认为它是一部纯电子音乐作品。

3.3 米哈伊《裂变》的创作分析

米哈伊为 17 件乐器与磁带音乐而作的《裂变》是一部由 IRCAM 委约创作的 20 分钟长度的带电子音乐的室内乐作品,1983 年于巴黎首演。

3.3.1 材料分析

这部作品的音高材料在第 2 章第 2 节中已有过部分的分析,此处不再赘述。例 90,第一段(1—46 小节)中的 2—13 小节引子的材料来自于钢琴的两个低音音符(B^b 0 和 C[#] 2)的谐音频谱,并通过不同滤波形成的谐和度少许不同的和声序进而获得。

例 90 米哈伊《裂变》中引子材料

小节号	2	4	5	6	7	8	9	9
分音号	14	13	5	(11)	10	(10)	9	9
基频音	B ^b 0	B ^b 0	B ^b 0	B ^b 0	B ^b 0	B ^b 0	B ^b 0	B ^b 0

The musical score shows the harmonic structure of the introduction. The piano part features a series of chords and single notes, with the following frequencies and notes indicated:

- Small section 2: Frequency 14, Note B^b 0
- Small section 4: Frequency 13, Note B^b 0
- Small section 5: Frequency 5, Note B^b 0
- Small section 6: Frequency (11), Note B^b 0
- Small section 7: Frequency 10, Note B^b 0
- Small section 8: Frequency (10), Note B^b 0
- Small section 9: Frequency 9, Note B^b 0
- Small section 9: Frequency 9, Note B^b 0

谐音和弦与环调和弦形成对置和弦(米哈伊手稿中将 A[#] 0 记谱为 B^b 0)

B^b 0 和 C[#] 2 音之上的谐音频谱通过滤波后形成对置频谱(一个基音即为频谱,相当于传统的一个调性调式)。注意:和弦之上的是小节号,之后的是分音号,最下方的是基频音。两组泛音列频谱的滤波具有典型的引子和声特点(类似主属和弦交替)。交替的和弦音滤波还具有互补的特点,如前一和弦缺失 5、7、9 等奇数分音,而后一和弦便会补齐这几个分音;同时,B^b 0 和 C[#] 2 和弦每一轮回又具有“带通扫频滤波”的特点,即两个音列中被滤除的音高不断向上转移。这里的每一和弦的振幅包络(Amplitude envelope)都被塑造成类似钢琴的音色,换句话说,就是整个乐队慢镜头似地模拟了一架钢琴单个音的演奏过程:一个较硬的音头后接一个长的延音衰变,而过程中每个分音的包络又有微小的差异。

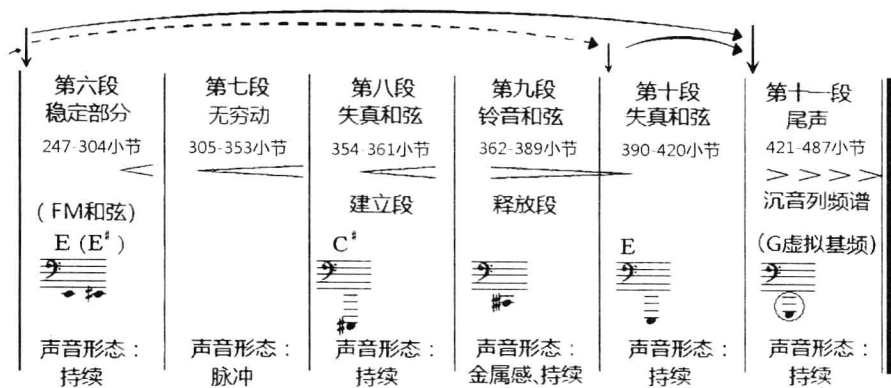
3.3.2 结构分析

这部作品米哈伊将其分为 11 个段落,每个段落用不同的频谱、节奏型和织体赋予它们不同的性格。其中作品的每一段都可以经得起以频谱学派的眼光审视。作品的结构、句法和华彩段都会受到米哈伊称为“音色和弦”(Timbre-chords)——如铃音和弦、失真和弦或调频和弦的控制,不止一个乐段,连整个作品都会受其影响。

全曲的声音材料来自于“音色和弦”,如环调(RM)铃音和弦、调频(FM)和弦、G 音为虚拟基频的谐音失真和弦,以及自然频谱的非自然处理结果——沉音列频谱等途径。

例 91 声音材料布局与音响结构图





全曲(11个乐段)的频谱结构图,G音为中心音或虚拟基频音

第二段(例92)的音响张力则主要依靠由G作为中心音或虚拟基音的铃音和弦过渡时(括弧音——辅助、经过、突发等“外音”)所产生的不太强烈的倾向感,以及由于声音形态(持续、颗粒或脉冲)改变(渐变与突变)所形成的结构推动力而获得。

例92 第二段(47—132小节等同于1—86小节)

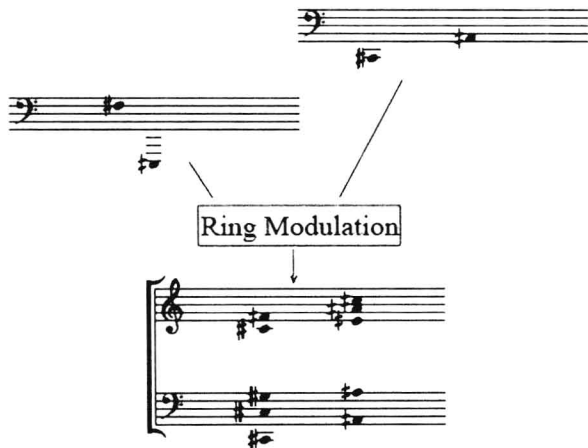
铃音和弦在运动中被逐渐压缩,第60小节达到高潮

3.3.3 音乐分析

《裂变》的整个音响结构与过程是建立由特殊RM(环调)而成的特殊铃音的音色和弦之上的,而音色和弦则是基于泛音列之上。有时,泛音列是基于对

自然音的多重滤波分析结果而获得的,但有时却是使用一些频谱变形技术合成创造的。对《裂变》的材料结构分析(参见 3.3.1 材料分析)是为了确定作品在什么地方使用了什么样式的频谱。此外,作品中有三种样式的频谱作曲技法被使用,即自然泛音列、调频和弦与环调和弦。

例 93 米哈伊《裂变》中的特殊的铃音和弦



环调(RM)可看作“主部主题”

例 94 是第一段 1-46 小节中的引子第 7-10 小节,音响是建立在 $C^{\sharp} 2$ 音之上的和弦通过不断的位移滤波,过渡到建立在 $A^{\sharp} 0$ 音之上的谐音和弦的过程(参见例 90)。米哈伊还对这些频谱使用了大量的运算以改变音色和弦的自然频谱属性。每一种音色和弦都有自己特质,稳定的或不稳定的。自然泛音列一般是稳定的,尤其在低次分音较突出的时候更是如此。如果以某种方式对其滤波,这个和弦仍然稳定,但音符数少了许多,音响更加透彻。那些基于调制产生的和弦通常不太稳定,特别是高次谐波被使用时会产生更多的分音。当载体调制比率较大时,其结果会相当不谐和,也就因此而更不稳定。

例 94 米哈伊《裂变》(第一段中的引子 7—10 小节)

10

5

6

2+7

The musical score is written for a large ensemble. The staves are arranged vertically, with the following instruments labeled from top to bottom: Flute (Fl), Clarinet (Clar), Cor (Cor), Violin (Vn I), Viola (Vn II), and Cello (Cello). The score includes various dynamic markings such as (p) , (mp) , (f) , and (ff) . The time signature is indicated as 2+7. The score is divided into measures, with some measures containing complex rhythmic patterns and others containing sustained notes. The overall structure is highly complex and abstract, characteristic of spectral music.

米哈伊经常为了特别的目的而尝试使用不同的泛音列和弦。一般说来,音色和弦由于较为谐和,常被用在稳定点上,而不太谐和的和弦被用于创造谐音的延展部分。为了获得预期的稳定感,自然谐音频谱一般用于乐段或乐章的终止处,见例 95。

例 95 第四段末尾和第五段的接头处(211—218 小节)

音色和弦由于较为谐和,常被用在稳定点上(217—218 小节)

尽管频谱学派更关注音响的纵向结构——和弦及其序进关系,但在《裂变》中米哈伊还是使用了较的复调技法,如例 96,其中噪音(音块)间的模仿,乐音(单音)间的模仿,以及噪音于乐音间的交叉模仿在这部作品中随处可见。电子音乐组(1)、管乐组(2)、乐音打击乐组(3)之间均有密度不同的模仿。

例 96 多重模仿

乐器组内与组间(第 1、3 组)的交叉模仿

第五段和第八段的终止处都是建立自然频谱之上的,但稳定状态很快就被随后的运动所破坏。第九段的和弦显得相当不稳定,因为它形成了一个覆盖四个八度的音丛。最后的第十、第十一段特别强调了自然频谱,在经过了一个长时聚焦于长号的 E1 音频谱后,出现不稳定状态而导向结尾段。

结尾段的和弦保持了一个相当稳定的水平之后,开始作为一个过渡段而变得不稳定起来,但 G 长音的出现却造就了一种稳定的幻像。当这个长音最终被去除后,作品失去了某种程度稳定感,由此引起最后终止是消解的过程而不是圆满的结束,它是蠕动音型推动的能量聚集、扩散与消失的过程。

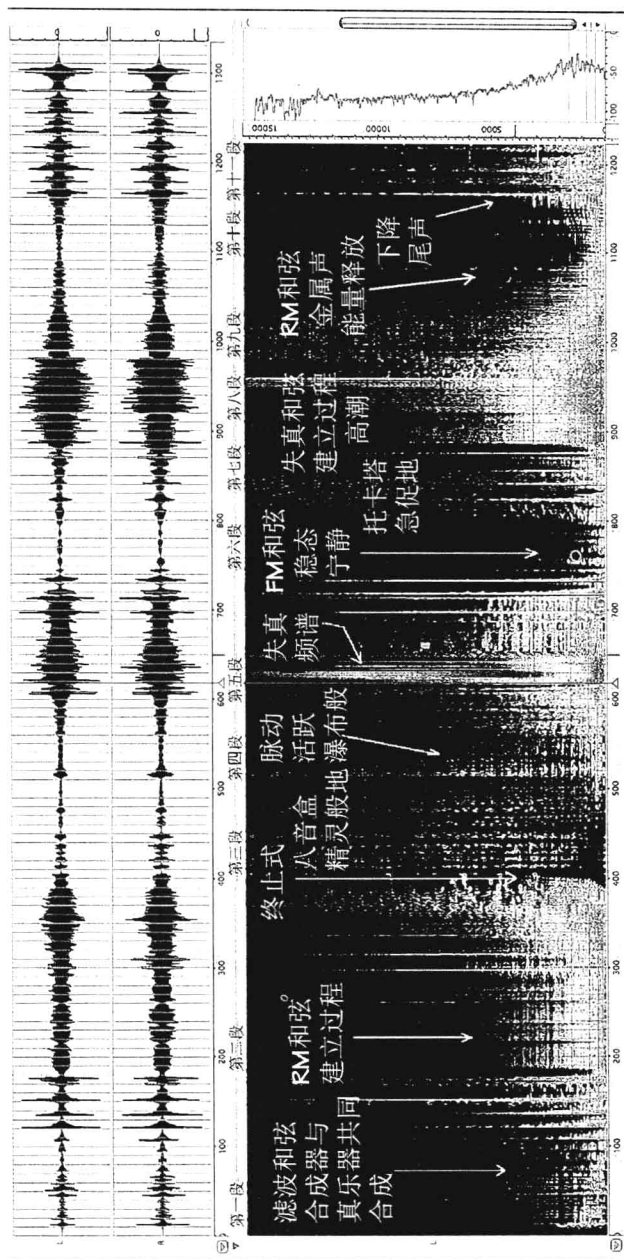
3.3.4 音响分析

例 97 是米哈伊《裂变》的全局音响与结构声谱图,它完整呈现了其音响细节和布局状况。第一段,来自调频(FM)和环调(RM)的和弦音响常常显得不那么谐和与稳定,而米哈伊却利用它们来创造某些音乐节点上相对稳定但又闪烁的声音幻像。第二段开始处使用环形调制和弦延续了较长的时间,尽管环调和弦具有非谐音的天性,却可以通过和弦的持续而形成较为稳态的长时值节奏,最终还是创造出一种噪音环境中的和谐稳定的听感。

随着乐曲的推进,乐曲开始转向不稳定,并伴有紧张的情绪结构。同样的手法也被运用到了乐曲的第六段。开场之后,音乐织体则被刻意简化来引出一种稳定的乐感。在第六段中,FM 和弦大多呈现出一种稳定的状态,但是部分音型层仍作为不稳定元素存在着。在第九段中,RM 和弦音色则显得非常不稳定。这种织体和音乐语言与原本不稳定的和弦联系在一起。此后,第九段在推进过程中循序渐进地褪去了紧张的色调。

人们可能不曾想过一个不谐和、不稳定的 RM 和弦可以减缓紧张的音乐情绪。原本的紧张感由一组快速下行音符的层叠来表达,并表现出一个模糊的状态。听众在此过程中将沉浸于更低更稳定的音符,并最终被 E1 所吸引。米哈伊运用了不稳定的 RM 和弦将人的注意力集中到了那些稳定元素上。而在第九段所采用的手法则比较传统,它从一个不稳定的和弦过渡到一个更稳定的和弦,使第十段显得尤为重要。难以置信的是,这些紧张的情绪并非由 FM 到 RM 的和弦所构成。而这快速移动的段落在第四和第七段中主要用于建构自然频谱。在这些段落中使用了非常传统的音乐织体来构建出紧张情绪,全乐段都以响亮和快速的音型构成。

例 78 米哈伊《裂变》全局音响与结构布局图



滤波和弦与环调和谐失真推动了音乐结构完形过程

自然的谐音频谱在段落中的作用一般是为了保持音响的稳定性,对短小的段落而言这一点尤为突出,而调制的非谐音频谱则常常用来创造那些不稳定的过渡段落音响。这些织体既可以用来放大这些效果,也可用来使他们之间产生冲突。在《裂变》中,米哈伊并没有在过渡段的重音点上使用谐音频谱和弦,因为它可以轻易影响到段落过于趋向稳定。第五和第八段也是用这样的频谱瞬间失真的调制技术来破坏其稳定性的;第十段的尾部旋律也使用了同样的方法。第二段中不太稳定的 RM 和弦在进行的过程中变得越来越不稳定。如此一来,乐曲的稳定性随着 RM 和弦元素的变化而改变着,不稳定性也随着过渡段出现频率的增多而上升。通常说来,速度越快的过渡段将制造更为紧张的情绪。尾声开始处,失真过程走向了一个预设的更不稳定的和弦。其后,由于 RM 和弦的紧张度下降,类似金属声的能量开始释放,音响不断衰落至一个并非谐音却相对稳定的结束句。

3.3.5 小结

频谱音乐理论家、作曲家贝利(Wallace Berry)指出^①,乐曲中的基础系统其实是制造了一个紧张层次的提升,加速度也可以达到同样的效果。在《裂变》中,作曲家灵巧地运用了一个特定的音色和弦来确定一种相对的稳定性(和弦的类型定义了稳定性)。当一个紧张情绪渐渐上升的时候,作曲家则将和弦改变成多种形式。如果那里产生了激烈的音量提升,和弦将快速变化,并且在紧张状态下,那些改变是极端且迅速的。因此,过渡段对于段落稳定性的影响非常大,因为这之中包含了过渡段落的曲式结构、变化的程度,以及合成音色的转化率。对于稳定性的影响程度而言,过渡段的过程更大于和弦的音色频谱所带来的影响。

3.4 米哈伊《以太》的创作分析

旧时的中国文化人称呼无线电台类的通讯为“以太”。以太也有“苍穹”的意义。当前的计算机局域网最常用的连接形式便是“以太网”(Ether-net)。米哈伊的《以太》是为长笛、小提琴、中提琴、大提琴、低音提琴和长号而作的室内乐。《以太》中长笛与五重奏的关系,类似于一个声学采样与合成器的电子音乐关系。长笛首先建立一系列的“声学模型”,而五重奏尝试着模拟这些声学模

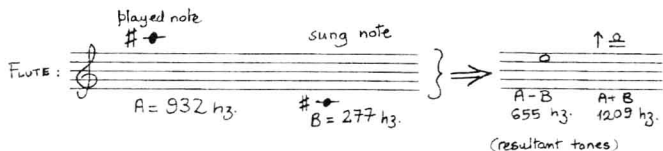
^① *Structural Functions in Music* Wallace T. Berry Dover Publications Inc. (1987-07).

型。为了做到这一点,这些模型一步步地分解为一种新材质的东西,用来产生激发长笛不断建立下一个新“模型”的触发条件;这个过程就这样循环往复地进展下去,因此,也可认为这是一种特殊的模仿复调关系。

3.4.1 材料分析

这部作品是为长笛与其他五件乐器而写。长笛是主奏乐器,但是其中并没有真正的独奏声部。事实上,长笛的作用是为作品提供了声学模型(采样)。当时,作曲家并没有分析长笛的频谱,但实验了一些长笛非常规的“扩展演奏技法”,用它们来作为乐器材质模型。在作品的开始段双音部分,首先由长笛演奏家在哼唱一个实音音符 $C^{\sharp} 4$ 的同时,用气吹奏出另一个乐音 $A^{\sharp} 5$;在这两个音高之外需调制得到两个合成音高。比如,首先吟唱的音符 $C^{\sharp} 4$ 作为调制器(用 A 表示),长笛吹奏的音高 $B^{\flat} 5$ 作为载体(用 B 表示),他们调制合成音的频率即是 $A932(A^{\sharp} 5)$ 、 $B277(C^{\sharp} 4)$ 、 $A932 - B277 = 655\text{Hz}(E5)$ 、 $A932 + B277 = 1209\text{Hz}(D^{\sharp} 6)$,参见例 98。

例 98 环形调制产生的 MIDI 音高材料



1-33 小节的泛音素材(米哈伊手稿影印)

通过简单的计算,可以非常精确地预计音高材料的结果。米哈伊的这一哼唱双音技术与调幅(AM)技术相类似,也就是通常人们所说的环调(RM)技术。

有一些相似的简易调制技术也常常被作曲家使用,如用琴弓在弦上强力施压会产生比刮擦更特别的挤压效果。它产生一种比常规拉奏或拨奏偏低的音调——米哈伊称其为“下位和音”^①。就理论上讲,我们应该能听到那个标记音的低八度的音调,这就像美国作曲家克拉姆(George Crumb, 1929-)如何在电子弦乐四重奏《黑天使》(Black Angels, 1970)里将下位和音效果写成标记来强调一样。但是,在米哈伊的《以太》中,弦乐琴弓下压的力量使弦振幅膨胀了,所以我们可以听到一个接近于大调下行七音的音调,这个过程在例 101 中弦乐音

^① Julian Anderson, Tristan Murail, “In Harmony. Introduces the Music and Ideas of Tristan Murail”, *The Musical Times*, Vol. 134, No. 1804, (Jun., 1993).

型的核心处被充分展现出来。小提琴的双音重复长笛的多音,然后“挤压”琴弓,产生接近于大和弦的效果;中提琴附和着这种“挤压”声并做相似动作,大提琴也如法炮制。随着最后一个音的演奏完毕,音乐通过中提琴与大提琴的粘连音效演奏的和音渐渐响起;小提琴最后的双音创造出一种相对于长笛而言的新的多音,过程恢复。乐段在加速的过程中如此地重复,每个过程通过音阶排列,直到经历一个短暂的过程到第 32 个音将整个乐段结束。

3.4.2 结构分析

正如米哈伊所指出的那样,当使用计算机和合成器作曲时,后者的差别很快就变得没有意义——电子声音产生需要一个十分复杂的、漫长的、内在的进化,这个过程已经由音乐潜在地展开了。把那样的思想转化到现场器乐音乐中后,便会失去形式与内容的区分——在诸如《以太》这样的作品中,音乐的形式是即是对其内容所作的进化演绎(参见例 99)。

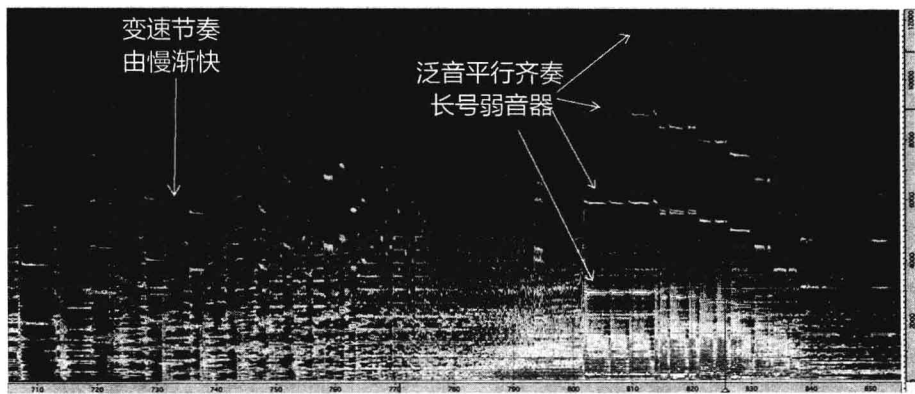
例 99 声音材料与和声布局图

The musical score for Example 99 is presented in two systems. The first system includes staves for Flute (Fl), Violin (Vn), Viola (Ve), Violoncello (Vc), and Contrabass (Cb). It features various musical notations, including notes, rests, and dynamic markings. A legend indicates that a specific symbol represents a 'crushed sound'. The second system continues the notation for the same instruments. Handwritten annotations and arrows are used throughout the score to trace the flow of sound materials across the staves, indicating relationships and transitions between different musical elements.

第一段的泛音音高材料布局图(米哈伊手稿影印)

作曲家曾经深入地站在现象学和心理学的角度上,研究节奏的加速与减速以及节奏的突变。例 100 中包括复杂的音符时值对数式变化(与传统西方音乐节拍一成不变的传统观念彻底相反)。音乐中被夸张的“渐快”和“渐慢”使得声音材料极度扭曲变形:一个极端的例子是,通过夸张的“渐快”,可以使整个音乐片段压缩至一个点状发音的脉冲波(Pulse wave)。

例 100 第二连接部至第三段过渡的音响分析结果



变速节奏与长号弱音器的平行进行形成的高潮段

3.4.3 音乐分析

乐曲一开始,非常微弱的沙锤摇动声好似为听众设置了一个“音响纱幕”,营造出一个以沙锤白噪声为背景的“安静”氛围。穿越纱幕,人们很快就能沉浸在音乐中,听者通过带有背景噪音的通道逐渐进入到“听者的感受”与“自身的期待”之间的对话。对于这点,那些长期生活在以太环境中的人,如作曲家本人的感触会更加深切。他将这一良苦用心渗透到了音乐的每个维度,引导听者在节奏与音高、和声与音色、形式与内容、声音与音乐中探索人类听觉感知和感悟的极限。

《以太》的中段,作曲家将连接部二中的 40 秒音响频谱进行了压缩变形。首先压缩音符的时长变形成倚音,其次变形成快速同度和弦,最后变形成颤音与管乐吐音的材料(参见例 101 和例 102)。同时,极大的延迟效果扮演着一个声音放大镜的角色,从而层层深入地揭露出声音的细节,这使得可感知的声音空间被急剧增大了。

例 101 《以太》第二连接部至第三段

25

The musical score consists of two systems of staves. The first system includes a tempo change from 100 to 92, marked with 'decel' and 'accel'. The second system continues the complex musical notation with various rhythmic and melodic patterns. The score is written in a style typical of experimental music notation, with many notes and rests on multiple staves.

脉动、倚音、变速

类似的手法在米哈伊的另一部作品《时空流动——为环形调制(调幅)的卡特诺电子琴与管弦乐而作》(Les courants de l'espace for Ondes Martenot, 1979)的最后两分多钟之处也曾创造了一种相当夸张的渐慢过程。它像慢镜头

音画回放的效果,一个玻璃弹珠的跌落声被逐渐放大,直到露出脉冲波,而最后,仅仅这个脉冲波音响和画面就占据了作品的整个结束部分。

当然,这种波形变形和振幅的放大、音高与节奏之间的转换等,可使用早期电子音乐中低频振荡器、均衡器、功率放大器,以及手动控制慢放或快放的磁带录音回放等常用技术手段来实现。今天借助高科技的手段来给声音变形所造成的音乐灵活、多样与变形的幅度更大,但听起来未见得更具有戏剧性,更令人心动。

3.4.4 音响分析

1980年以后米哈伊作品的一个显著特征是使用了调频(FM)技术,这种技术可以很好地评判和弦的和谐与不和谐,或者用频谱术语来说是“非谐音列”(Inharmonics)。如果一个自然声音无法辨别其无分音排列,或无序排列音串,那么这个音串则称为“无谐音列”(Non-harmonics)。

米哈伊在写完《忆与蚀》(Mémoire/Erosion)之后的两年创作的《以太》(例103),在其中依然能找到《忆与蚀》的变形与重复算法,但这一次没有使用循环(Loop)算法。重复段的长度也作了处理,这意味着再也没有一个稳定的情绪段了。这部作品的拍速不再恒定,它总是在加速或减速(这使得现场表演起来十分复杂!);节奏在作品中的任何地方都是相对的,没有小节线,甚至没有固定的时间参考线;作品中出现了一些新的算法,比如回声、混响以及作曲家第一次为了组织音高而使用的调频技术。

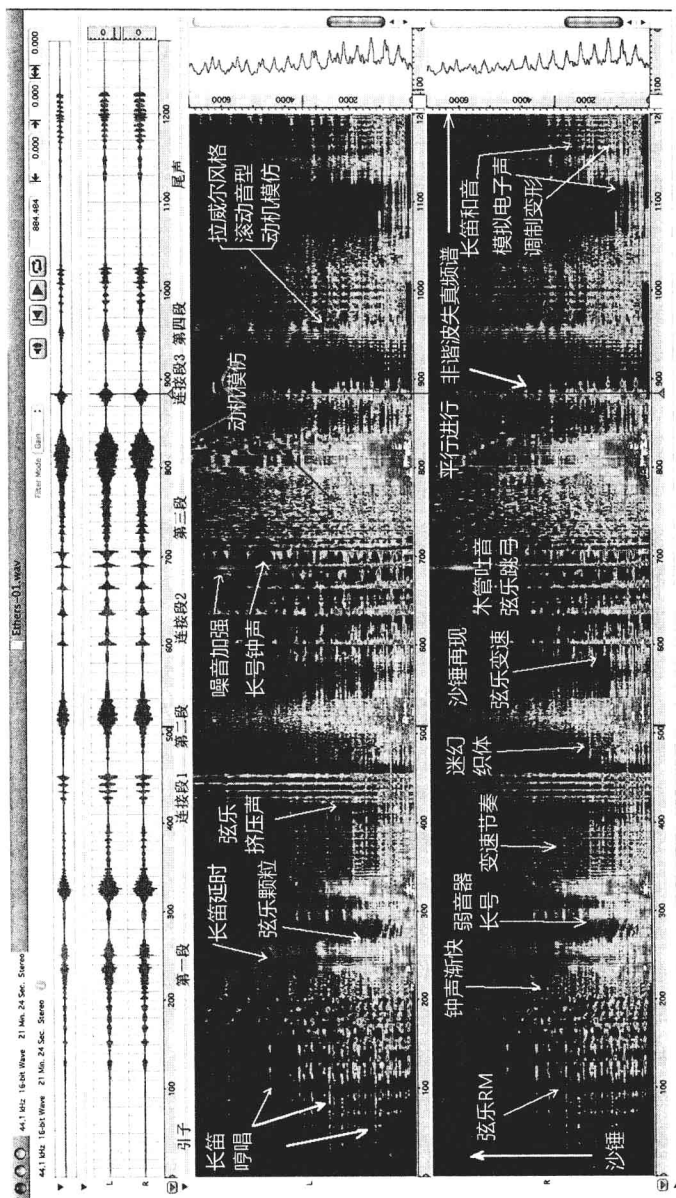
同时吟唱并吹奏音符合成的频谱可以简单归纳如下:哼唱的音色调制着吹奏音符的音色,产生这两者音色的和音与差音。《以太》的开场序曲部分的全部声音材料来自环调和声,开始时只是合成音色的泛音,然后长笛融入到整个和弦音中,又渐渐地降回到基频音之上;三个连接段的整个处理过程均起源自初始的声音材料,只是由于它的篇幅和分量的确不能起到引领作用,否则,我们有理由将其看作是回旋曲式的主部(叠部)主题。因此,这类新音乐中新奇的“效果”往往会整合进脉络清晰的逻辑中,它使得音乐不再限于技术与逻辑,而逐渐变得富有人文的意义。

迄今为止,面临古怪的模拟乐器声,如复杂的铃声、木管和音、吹奏时需要对着长笛哼唱才能得到的声音,你能分清所听到的是以和声音响的色彩为主,还是音高材料序进的主题为主吗?其实频谱音乐说到底还是音色的音乐。

例102中,作品的起始段是基于长笛及其长笛演奏者的哼鸣声而建立起这些调制效果声的,弦乐队开始演奏非常高的音区。长笛依次创建出四个音高的泛音,随后,这些泛音与长笛的基音一起组成复合音。渐渐地,弦乐演奏的频率

降下来,再引出长笛的声音,期待下一次的复合音;当长笛演奏之后,弦乐又演奏高音,即那些泛音;那么产生复合音的过程又会出现,长笛又演奏新的声音组合……如此往复,这个声学模型便一直被使用至作品的结尾。

例 102 《以太》全局音响结构分析图



3.4.5 小结

将音高与音色作一体化的思考和处理,并让其持续发展的作曲理念现在已经成了米哈伊的风格,这一特点使得他的作品具有能够源源不断地激发出新的材质和音色,不断处于裂变过程之中,而且通常不会有真正意义上的安静乐段。事实上,“安静”,或者说是缺乏安静正是作品《以太》的重要特点。如果我们仔细聆听,便可以察觉到作品大部分的地方均有“安静”的沙锤滚奏的噪声作为背景衬底,许多作曲家都是以这种“非安静”的背景噪音制造出人们想象中或感觉到的“安静”,即营造出一种催眠术的效果。

第四章 先锋派与后现代之桥梁

现代派开始于19世纪末20世纪初。其中主要包括第一次世界大战后出现的艺术流派,如印象派、后印象派、表现主义、象征主义、超现实主义、达达主义、极限主义、意识流小说、荒诞派戏剧、实验电影、包豪斯和国际风格(即“无风格”)建筑等。其理论和美学支撑主要来源于精神分析学、抽象表现主义、直觉主义、相对论、存在主义、量子力学、机械美学、结构主义语言学、构成主义、精确主义和非个人化理论等。

“20世纪50年代,处于初创和实验阶段的具体音乐以理念创新和解构传统声音为重点进行了大量的探索 and 实验:最早全部采用自然界的声音(噪音)来创作音乐,极大地扩展了现代音乐的表现范围和表达空间;最早使用电子技术,直接面对声音,以人机对话的方式改变了几百年来由作曲家写乐谱、演奏家奏音符的音乐创作流程;最早通过电子设备实现了多声道立体声现场无人演奏的电子音乐会形式。在GRM实验室舍费尔(Pierre Schaeffer)的带动下,法国在50到60年代形成了具体音乐发展的一个高峰时期,涌现出皮埃尔·亨利(Pierre Henry)、吕克·费拉利(Luc Ferrari)等一批有成就的作曲家和一批代表性作品。”^①

先锋派“新音乐”可按技术手段和音响载体划分为三类:一是基于乐音系统的序列音乐,二是基于乐器系统的音响实验音乐,三是基于电子仪器系统的电子音乐(Electroacoustic Music,有人翻译为“电子声学音乐”)。关于“电子声学音乐”一词近几年已开始在中国流行,而“电声音乐”则流行得更加久远,其各自

^① 张小夫:《具体音乐给我们的启示》,见中国电子音乐学会 EMac 网站, <http://emac.ccom.edu.cn>。

的含义完全不同,很容易混淆视听,因此有必要在这里作一简短讨论。英文的 electro 包含电、电动和电子的意思;acoustic 源自希腊文(akusitk)听觉、原声或发声的意思,当以 acoustics 的复数名词化形式出现时,方才具有“声学”或“与听觉或声音相关内容”的含义。如 Acoustic Guitar 不应翻译为“声学吉他”,而应翻译为“真吉他”或“木吉他”。同理,当 Electroacoustic Music 仅指有音响播放系统而没有演奏者的、纯听觉的、并与电或电子相关的音乐时,也不应翻译为“电子声学音乐”,如直译,应该是“纯听电子音乐”,或“电发声的音乐”,简称为“电声音乐”。但目前在中国,一般人所说的“电声音乐”、“电声乐队”是指电磁、电动、电子或数码乐器,加上其乐器演奏的流行音乐或组成的流行乐队;而“电子音乐”则特指流行电子舞曲。就世界范围的专业音乐界来说,从 20 世纪 70 年代末至今,Electroacoustic Music 这一概念早已经涵盖了磁带音乐、现场电子音乐或混合式媒介(包括真乐器、人声和计算机等交互式)音乐等各种类型的电子音乐,已经成为对严肃或艺术电子音乐的通用称谓。因此,本人以为,Electroacoustic music 在大多数的语境中还是照旧翻译为“电子音乐”为好,当确有必要时,可使用“纯听电子音乐”概念,而如果简称为“纯电子音乐”又有可能会与早期与具体音乐相对照的合成电子音乐的 Purely Electronic Music 概念相混淆,甚至与当代合成拼贴的 Remix 的流行电子舞曲相混淆。

4.1 现代派与后现代派的纠葛

现代派音乐强调要尽可能地消除或避免因文化、地域和宗教差异所产生的音乐特征指认、后果预测、思维惯性和情感共鸣等因素;突破或砸碎传统的音乐认知、秩序和关系,取而代之的是一种标新立异、简单粗暴的非经验式逻辑构架下的音乐创作系统,而这一系统往往是建立在非人文因素基础之上的。他们总是希望建立起以非人性化为出发点的新秩序,如以数理逻辑来取代传统音乐中的经验逻辑,其结果使得音乐创作和审美中环环相扣的演绎过程变成音响材料的堆砌和歇斯底里的爆发等非常规的行为艺术。尽管现代派强调新材料组织结构的有机性和凝聚感,重视音乐表现的自律性和自动生成的逻辑性,但他们并不准备让听众可以感知其中的规律,因为相对于古典主义而言,今天的音乐是反对“说教”的。因此,仅从听觉的角度来考察,这类音乐实际上是主观的、无机的和非线性的。所有的逻辑和规则除了哲学上的考量外,其真实的艺术目的其实只是为了给别人一个惊吓、给自己一个说法而已。

20 世纪中期,现代主义开始逐步进入后现代时期。“后现代主义可以说成是对现代主义的一种反动。它断言人类活动的产物(特别是透过技艺来制造或创造的)是艺术本身的中心主题。而艺术的作用乃是在于引起人们对于物体的沉思。”作曲评论家史蒂夫·海肯(Steve Hicken)如是说^①。这个后现代主义原则看起来可回溯至达达主义、具体音乐以及由瓦列兹(Edgard Varèse)等人发起的实验电子音乐。许多学者都认为,“后现代属于现代的一个组成部分”,“要想成为现代作品,必须具有后现代性”^②。如现代派中的达达主义、意识流、荒诞派、实验派、超现实、包豪斯等都深刻影响着后现代派艺术家。“纵观 50 年代先锋派音乐的发展,尽管在音乐的追求上,风格类型五花八门,令人目不暇接,但粗略分析,仍可大致分出两条线索来,一条线索是以整体序列主义为代表的极端理性主义、结构主义,而另一条线索就是本节所要介绍的以偶然音乐、机遇音乐、即兴音乐为代表的非理性主义,可统统称之为不确定性音乐。”^③

约翰·凯奇是 20 世纪音乐的一个风向标。他的某些作品中一直在质疑音乐的根本定义,强调所有声音都必然会音乐的观点。一方面,他对于繁复的机械论式的诠释越来越反感,现代主义的手段被明显弃置,而另一方面取而代之的是简约的、多样化风格拼贴的音响实验主义。他的影响力随着时代的变迁,最终被许多人所追捧,远不止音乐界,许多人文学科的学者都认为凯奇是后现代主义(而非仅仅是后现代音乐)的创始人之一。

与现代主义有着明显的不同之处,后现代派强调音乐音响组织的自由化、偶然性、多层次和复风格。对于一般听众而言,尽管经过精心设计和全面控制的现代派音乐听上去与即景创意或随意拼贴的后现代主义音乐的结果相差无几,但出于为“小众”服务的精英文化思想与提倡多元化、实用性和大众化美学追求的后现代派之间的差距,乃是二者最主要的区别之所在。

“后现代性是一种思想风格,它质疑客观真理、理性、同一性和客观性这样的经典概念,质疑普遍进步或人类解放,不信任任何单一的理论框架、大叙事或终极性解释。与这些启蒙时代的规范相左,后现代性认为世界充满偶然性,没有一个坚实的基础,是多样化、不稳定的。在它看来,这个世界没有一个预定的

① 现代音乐词条,见《基维百科》zh.wikipedia.org,2009。

② 转引自岛子:《后现代主义艺术谱系》上卷第 3 章,重庆出版社,2007。

③ 黄枕宇、谷东文:《20 世纪音乐概述》,原载于《中国音乐教育》,2000 年第 1 期。

蓝图,而是由许许多多彼此不相连的文化系统和解释系统组成。”^①

除了分清现代派或后现代派以外,我们还应充分注意到后现代风格与后现代派二者的概念也不尽相同。前者是一个个孤立存在的集合,是商业性、通俗性音乐所表现出来的多元混杂、无深度、无中心、平面化、无结构力的实用主义态度,是被指认的结果,并无深刻的哲学意义;而后者,如利奥塔德、哈桑(Ihab Hassan)等人,出于哲学的动机所经常关注的后结构主义、新阐释学、女权主义、意识形态批评等解构理论,以及各种自省性的或“元叙事”的艺术品和准艺术品(如建筑等),则可称之为后现代主义,其主要特征为:消解、解构、去中心论、非同一性、多元论。它脱离了以二元对立为基础的历时性发展模式,以一种多元共时的平面性创造了一种开放的大众文化消费的游戏。

在后现代时期,书刊、典籍、绘画和古典音乐不再是精英文化所特有的传媒形式。以消费为目的的大众文化,如通俗小说、科幻影片、汽车旅馆、商业广告等“粗俗文化”,借助 20 世纪下半叶以电子通讯、广播电视、音像设备、计算机互联网等新旧媒体为载体,渗透到社会的各个层面,达到了前所未有的普及和推广。同时,曾经是面向小众的精英文化也同样被不断高速复制并传播,大众不必进图书馆、博物馆、美术馆、音乐厅和歌剧院也能随手享用,或断章取义用来作为个人文化认同的装饰物。如此一来,精英文化也就处于与大众文化不断趋同、性价分离的过程之中了。

4.2 频谱学派是折中的产物

作曲算法始终伴随作曲技法的发展,而具有真正意义的算法作曲则是 20 世纪中后期随着科技的发展而产生一类基于法则的作曲技法,最有代表性的是序列主义和频谱学派,前者属于现代主义的范畴,而后者却具有典型的后现代风格特征。后现代风格的音乐主要指当今多元化世界中各种风格音乐的混合体,尤其是通俗化、商业性音乐的风格集合,往往是一种被动的、客观的存在。而后现代派的音乐则是一种哲学意义上主动的、主观宣示的艺术流派,它除了强调音乐的多元性、实用性之外,更强调音乐的离散性、复风格、后结构主义和解构理论。

“与 20 世纪音乐在技术上的最重要的突破——电声手段的引入相对应,哈维

^① 见英国文学理论家伊格尔顿(Terry Eagleton):《后现代主义的幻象》(Illusions of Postmodernism)。

(Harvey)将频谱主义的兴起,视作20世纪音乐精神意义上的最重要的突破。哈维认为频谱主义是浪漫主义、序列主义和实验主义的一次净化和升华,它可以容纳进更为宽广的精神世界。从我个人的理解来看,频谱主义实际上起到了与序列主义互为补充的作用,后者在一定条件下可以自然过渡到前者,反之亦然。”^①

20世纪50年代电子音乐的出现,是结构主义先锋派的必然产物。当序列主义走到极端,各种复杂的音乐材料参数致使人工无法轻松估算和精确演奏时,实验性音乐中乐音的噪音化进程达到无以复加的地步时,那些处于序列主义中晚期的作曲家们便不约而同地将期待的目光投向了音响实验室内的电子仪器和计算机。如瓦列兹(E. Varèse, 1883 - 1965)、塞尔西(G. Scelsi, 1905 - 1988)、梅西安(C. Messiaen, 1908 - 1992)、约翰·凯奇(John M. Cage, 1912 - 1992)、希那基斯(I. Xenakis, 1922 - 2001)、里盖蒂(G. Ligeti, 1923 - 2006)、诺诺(L. Nono, 1924 - 1990)、布列兹(P. Boulez, 1925 -)或斯托克豪森(K. Stockhausen, 1928 - 2007)等常规先锋派的作曲家们,他们都拥有一个共同的美学观,即对器乐曲的复杂结构和复杂音色非常看重。

这并非是一种巧合,他们中的绝大部分人都曾在电子音乐实验室主持并工作过一段时间,后来大都又放弃了严格的序列主义或结构主义,转而走向解构主义或新结构主义,并开始研究及创作电子音乐;电子音乐流派将早期十二音体系中最重要音高和节奏要素降低至历史最低位,而将音色与音响提升到至高无上的地位;最终,他们大多数都放弃了电子音乐,转而回到乐队音乐创作,找到了器乐曲的音响材料宝库,获得了成功。我的导师杨立青教授在他的《西方后现代主义音乐思潮简述》^②一文中写道:“这真是一种历史的嘲讽,纯结构主义的思维最后却导向了解构的倾向。于是,序列主义远比其倡导者们像破布一样所丢弃的传统更为迅速地走完了自己的路,在短短的几年之内,便踏到了饱和点的门槛上。”

毋庸置疑,70年代初逐步兴起的频谱学派具有反先锋派的特征,但它却又从先锋派那里继承了许多,因为频谱学派的作曲家早期大多是序列主义的继承者。他们以乐音发声的物理属性为基础,以解构主义的态度,历时性地、不厌其烦地剥离、抽出乐音谐音中的各种隐含要素,并将这些要素直接显现化地用作音高、节奏、音色与和声等方面的创作过程。作为计算机时代的频谱作曲家,一

① 引自《世界的和谐》,见 <http://dieharmonieniederwelt.spaces.live.com/>。

② 杨立青:《乐思·乐风——杨立青音乐文集》,上海音乐学院出版社。

方面用科学实验的严谨态度来处理声音的微观结构,而另一方面又以相对自由、或者浪漫、或者随机的方式搭建音乐的宏观结构,尤其以电子磁带拼贴的办法结构新音乐的音响。因此,频谱学派既有现代派结构主义作曲家缜密的逻辑思维,又具备后现代风格自由离散的多元文化特征,尤其在计算机互联网迅速普及的今天,它还显示出其所具有的折中主义和实用主义的基本特点。

作为后现代风格的频谱学派与作为现代派代表的序列主义的开端较为相似。出于文化反叛的政治和美学诉求,20世纪40至50年代,序列音乐在欧洲、尤其是在德奥兴起,目的是为了摆脱传统音乐中千篇一律的调性调式束缚,人为地创造出一个崭新的乐音排列组合规则——十二音作曲体系。在这个系统中没有中心音,或者说任何音都可能成为中心。如此,音与音之间便获得了空前的平等,其组合无穷变换却有理有序,并以此有效地抵御了作曲家不由自主的调性倾向的反攻,确保了现代主义无风格的完整性和纯粹性。而70年代具有某种返璞归真倾向的法国频谱主义作曲家尽管不排斥音乐的中心音存在,但为了摆脱调式音阶的束缚,没有采用新维也纳学派简单的人工方式重组十二音秩序,而是以法国人特有的、崇尚精致结构和自然色彩的审美感和文化观,寻找新的、符合乐音物理属性和心理听觉的音高材料,及有着符合自然规律的组合方式——谐音频谱;并通过对其进行的各种滤波、压扩和变形的处理后获得了数量更多的包括全音、半音以及 $1/4$ 、 $1/6$ 、 $1/8$ 甚至 $1/16$ 等微分音的音高材料。这些材料不仅丰富了自德彪西以来法国人崇尚异国情调的旋律音调,更重要的是它能构成更为平滑渐变的线性化色彩和声音响。正如米哈伊所说:“随着时间的推移,我们小心翼翼,带着迟疑,依然还在寻找运用接近传统音乐语汇的想法来描绘当代音乐。对于旋律来说亦是如此。我给我的音乐谱写旋律通常要花很长的时间,我害怕回到老套的旋律模式,害怕回到那些陈旧的主题和变奏的套路。我想找到属于自己的旋律模式,这也是最困难的事,因为,如今要写好旋律中的每个细节,是件令人头痛的事。在音乐的结构形式上,同样我不愿意回到浪漫主义时期的语汇,也不愿意把音乐写成50年代初期现代派风格的那种碎片形式。但是,解决方案一定存在!在音乐碎片表象的背后,一定存在一个合理的逻辑将它们串联起来。”^①

格里赛、米哈伊等作曲家最后发现,这个串联起音高材料的“合理的逻辑”

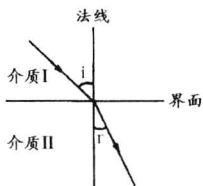
^① Tristan Murail: "After Thought", *Contemporary Music Review*, 2000 Vol. 19, OPA N. VI.

便来自于“频谱”。音乐理论家赵宋光教授指出:“科学教育要以形象、动情的通俗方式引导读者发现科学美,从美的视角重新认识数学逻辑的定理,物理化学生物学的定律,社会生活与历史发展的深层规律,唤起对科学美的惊赞热爱。要改变‘科学枯燥’、‘科学乏味’的陈旧印象,更要防止在贬义上使用‘科学主义’造成人们对科学的戒拒疏离。在艺术创造活动中要贯穿艺术与科学联结、联袂、联姻的志向。”^①

“既然我们承认自然界本有潜在美的无尽矿藏,就应当创设条件使其得以显形,使原先看不到的形式得以看到(望远镜、显微镜、摄影机、录像机对于广阔空间潜在美的可视显形作出了,还将继续作出无可估量的贡献),使原来听不到的形式得以听到(把一个乐音内部叠加的谐波予以分解,就能听到谐音列),还有其他许多途径是自然美从潜在变为可感知(几何学以独到的方式揭示空间关系规律的美),而不应该到处套用‘改造’的模式,一味要求改变自然界原有的形式。它一显形,我就要应答。应答不仅包含审美的敏感性,还包含珍视新现形的形式美素材,珍重萌芽本身的生机,运用它们来构思创造新的对象化形式。”^②

之前,我和一些作曲同行一样,一直以为频谱学派奉行的是尊重声音物理属性的“理性主义”或“结构主义”,从表面上看的确如此。他们以科学实验的方法,对声音样板进行深层次观察和分析,从中提取有用的信息在进行转化处理后,映射到音乐创作之中。但这种映射关系实际上是一种折射,即光在不同介质中传播,因介质的密度不同,传播速率的不同,便会发生折射现象。如光束在介质 I(空气中)投射到介质 II(水中)时,除了会发射部分光波外,更主要的光束在水中继续投射,但角度会发生变化。但无论光束发生怎样的变化,都是介质 I 投射的结果,参见例 103。

例 103 改变预期投射方向的特殊反射



光束从一种介质进入另一种介质时,其传播方向发生了改变的现象叫做波的折射

① 赵宋光:《美学原理受人类学本体论洗礼之后》,原载《赵宋光文集》第一卷,花城出版社,2001。

② 同上。

从这一点上理解,频谱音乐中不同域之间的映射是有出处的,但有些映射只是找到了一个支撑点,并不一定科学。如根据长号采样的频谱分析所得的结果(各分音之间的能量频谱),再以管弦乐队的各种乐器常规演奏,期望合成模拟出这个采样的振幅、响度、分音和包络等,也可认为是合成出一个极度夸张和放大的长号单音音色,这似乎很科学。但我们并不知道某件乐器的发音质感与长号单音中的某一分音被放大以后的质感是否一致;而每一个模拟长号分音的乐器发声时本来就同时产生了许许多多各自的泛音列,当然,借助人耳听觉的“掩蔽效应”可以自然滤除部分能量较弱的乐器所发出的高次谐波,但那些能量较强的乐器是很难不带自身音色个性(频谱)的;再者,所谓一把小提琴与一只长号同时发出两个不同音高的音,它们之间存在一定的共鸣或干扰是肯定的,但我们怎能确切地知道它们是否在象征意义上的相互调制后能合成为一个新的音色,又或是一般配器意义上的两个音色的叠加而已。此处不过是信手举一例以说明我的观点,其实,这类无法完全自圆其说的地方还很多。

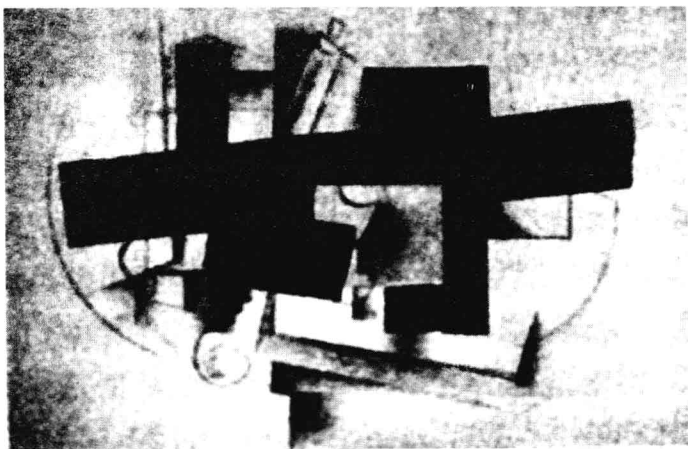
不过,话又说回来,艺术肯定不是现实生活的客观再现,它只是个投射,而且需要折射变形。有时,变形的东西会给人感觉更具现实意义、更加真实。我想说的只是频谱音乐与序列音乐一样,绝没有想象的那么科学,也没有太多的科技含量,仍然只是艺术家对微观现实生活的一种态度、一种思维模式和一种竞争手段。

现代主义有着强烈的精英意识,崇尚古典,强调系统性和整体感,反对写实,主张为艺术而艺术。而后现代主义的观点是,人存在的主要形式是,个体涵盖在所有人的产物之中。他们模糊精英文化和大众文化之间的界限,热衷于艺术作品产生于简单地选择、挪用、拼贴、合成、行为或互动等新概念的创意,于是各类贩卖概念的“点子公司”、创意产业应运而生。如美国后现代画家伊洛(Erro)1968年创作的《毛泽东在纽约》就直接以照相的方式“翻拍”了中国画家唐小禾1966年根据毛泽东“文革”初期在武汉畅游长江的事件而创作的油画《在大风大浪中前进》。伊洛在这幅“翻拍”的油画上,原样保留了前景中快艇上所有人物,毛泽东、工农兵及红卫兵代表等,仅仅将武汉长江大桥的背景简单地替换为纽约曼哈顿地区的布鲁克林大桥和帝国大厦。如果不知底细,这幅画看上去像似一副很“正常”的画,没有丝毫的破绽,完全不像达达主义或野兽派那样具有颓废风格,通常野兽派画面中扭曲的人物形象会给人们留下一些哲理性思考

的空间。

拼贴艺术绝不都是无机的或解构的,解构也绝非是无结构力的,它只是结构力的“逆运算”过程,这一点较容易在初识“后现代派”艺术时犯望文生义的错误。早期立体画派代表人物之一的乔治·勃拉克(Georges Braque, 1882 - 1963)是最早将报纸等现成材料引入绘画的。作于 1913 年的《单簧管》是以木纹纸、报纸及有色纸,在画面的中央拼贴并安装出一组简洁的几何形状和管状乐器,并以铅笔在这组形状的周围勾画出线条和阴影。通过拼贴,艺术家将一些似乎已被人忘却的表现因素,尤其是对材料及色彩的审美感受向观众昭示(参见例 104)。画面上适度折中的自然主义情趣平静,和谐而优美,构成了一种反对临摹现实,激发永恒想象的表现主义艺术境界。

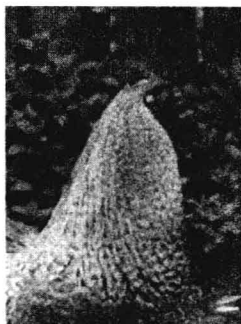
例 104 乔治·勃拉克《单簧管》(Georges Braque, 1913)



适度折中的自然主义情趣平静、和谐而优雅

20 世纪末,数字技术被广泛应用于音乐制作和视觉艺术设计的各个方面,这一时期的计算机拼贴画可以继续保持后现代派的无机拼贴风格,即强调所使用碎片材料之间的无关性,但更多的还是用于实用主义的有机拼贴,“虚幻”即“现实”,这才有了所谓的 Virtual Reality——“虚拟现实”,它已缺少了原文中的“悖论”感,当初如译为“虚拟现实”会更好。

例 105a 从后现代的无机拼贴至“后后现代”有机拼贴的转化



或许我们还有把握指出照片中的青蛙和公鸡分属于飞禽和走兽

例 105b 后现代风格的以假乱真的拼贴画



有机拼贴合成让我们看到一个活生生的新物种——“鸡冠蛙”！

毫无疑问，例 105b“鸡冠蛙”的确属于数字艺术设计的范畴，除了体现出来的某些创意理念和技术实力外，它几乎是一种“正常动物”的清晰照片，其本身肯定不能算艺术作品，但完全可以用于艺术作品之中。

这个世界实在疯狂，令人匪夷所思。难怪越来越多的人感叹：“啊！这年头，耳听为虚，眼见也不为实了。”正如人们常说的那样，“任何事没有不可能，只有想不到”。“周老虎事件”^①的始作俑者 2008 年由于身居山区的农村，当时恐

^① 2007 年秋，陕西农民将带有华南虎照片的年画放置山林草丛中所拍摄的假新闻照片，致使一批地方主管部门官员落马之案件即所谓“周老虎事件”（引自 2008 年 9 月 27 日《南方都市报》社论“一场由周正龙出席的缺席审判”）。

怕还没掌握这个并不复杂的计算机图形图像处理技术,如果有,那结果就更难说了。这正是高科技后现代的实惠与风险同在,精品与赝品共存!

如果说,早期手工式的无机拼贴法启发了具体音乐和电子音乐作曲家的创作思维,它是以藐视经典而成为艺术的后现代主义,那么,基于计算机信息时代的有机拼贴,则更深刻地影响了实用主义的频谱作曲家,可以说它是化腐朽为神奇的“后后现代主义”!同样是一群好心人,出于将那些制造噪音的现代主义作曲家从繁重而愚蠢的手工劳动中解放出来的良好愿望而发明了 MIDI 系统和计算机编曲技术。从它“做什么不像什么”开始,逐步变得连大型虚拟管弦乐编曲都能以假乱真,以至于专业的音乐音响制作人如果要听出其中的破绽都需费一番周折。就在人们尽享高科技所带来实惠的同时,可能会突然意识到,由高科技平台成就高速列车似乎已经冲出了纯艺术的岔道口,转到了商业化的轨道。这时,真正具有艺术感和优越感的精英作曲家们纷纷要求下车,毅然返回到先锋派电子音乐“做什么都只像它自己”的起点。当然,还有一些“精英”根本就没有上车,而车上最终留下的尽是做生意的“音乐人”。于是这帮人又开始寻找下一个岔道口,至于列车将会并到哪股轨道,截至目前为止似乎还没结论。但有一点是肯定的,那就是和谐共存的科学发展观已经被越来越多的人接受,多元文化、复风格、多边外交、合作共赢等思想开始在世界范围内扩散,并产生了积极的影响。因此,在全球经济一体化的今天,音乐文化的发展趋势应该也必须朝着有机整合、求同存异、雅俗平等、和谐共鸣的方向发展。

4.3 先锋派的逝去与重生

20 世纪初,传统意义的音乐创作技法达到登峰造极的地步后即进入现代派音乐时期。音乐现代派可被认为是早期的先锋派,而真正的音乐先锋派则是现代派极端化的结果。序列主义的先锋派原始驱动力主要来自于打破传统的乐音和节奏体系,创造一种新的结构方式。自由平等的音高被有序地组织起来以突破调性调式,节奏的精密数理逻辑用以破坏节奏的自然律动和它对于听众的可预期感。音响实验和结构主义的先锋派则是在序列主义突破调性思维和节奏束缚后更进一步,引入大量的噪音材料作为音乐构成的主要元素,但有节制。当然,古典乐派的打击乐也是严格控制使用的噪音元素,而先锋派却是将它放大到无限的可能,即将所有声音——乐音(半音、微分音)、噪音乃至静音都被用于音乐创作之中。当仍感觉新材料无法满足作曲家内心对新奇事物的强烈渴

望时,电子音乐便应运而生,只有它可以凭空捏造出世上没有的声音。这样做的结果是为数不多的作曲家成为“严肃音乐”最后的“先锋派”,而许多原本与作曲家共存亡的听众则放弃了由先锋派控制的严肃音乐领地,越来越多的人转而投奔流行音乐,还剩一部分人滞留在严肃音乐的“传统音乐”领地中。

20世纪60年代末开始的后现代主义尽管与现代主义反其道而行之,关注人性的复苏,提倡多元文化和面向大众的思想。但也正是由于其反精英文化的特点和其所采取的存在即合理,发现即创造,随机组合,任意拼贴的游戏人生态度,使得那些听上去似曾相识的“传统音乐”碎片在陌生的空间中随风飘零,多数听众仍然很难知晓作曲家将这些被解构的残片洒落一地之后的目的何在,艺术家的愿望仍与听众的期待相距甚远,多数听众还是更愿意将这些反现代派的作曲家们划归为现代派或先锋派的行列。

米哈伊在他的论文《反思》中写道:“我们经常被告知,先锋派已经落伍了,我们作曲技法和理念已经取得了巨大成就,遥望前景,只有后现代主义尚为可行。但是,我作为一个作曲家,在我的日常工作中绝不赞同这个观点。我继续在寻求新的想法和新的材料。其中一部分研究基于技术层面,譬如,谈及开发新的电脑程序或者新的方法来促进声音分析的理解。另一部分的研究则是基于音乐与审美,使用我自己发现创造的声音、音乐对象并有效地利用。对‘新’的概念,我指的是我想说但还没有说出来的东西,并且这些东西也没有被其他人说过。回收利用老材料来表达原创的新东西算不上什么‘新’概念,新的概念需要由新的材料来构建。我们看世界的视角太过于拘泥历史了,也许只要提及先锋派,我们便会不由自主地联想到20世纪50年代的那个先锋派概念。但如果我们坚持语源学的理念,那么,只要为新的流派下定义,总是会存在一个新的‘先锋派’,不然我们已有的文明就会死去。我们不要再蒙羞于‘先锋派’这个概念了。”^①

数理化的序列音乐、音响性实验音乐、后现代拼贴的电子音乐等观念和技术都逐渐汇聚于频谱音乐。因为频谱学派在开始创建时就宣称,作曲家要与工程师一道,用谐音与非谐音、声学乐器与电子乐器、手工作业与计算机辅助等相对立的技术创造一个包容的、开放的、全新的“音响生态环境”。当那些系统封闭、思维严谨但音响破碎的先锋派在70年代开始走入死胡同后,频谱学派以强

^① Tristan Murail, “After Thought”, *Contemporary Music Review*, 2000 Vol. 19, OPA N. VI.

调多元文化和相对实用主义态度的后现代,甚至超越后现代的“后频谱学派”(Post-spectra)身份出现,以回归大自然的心态而回归理性,提倡有节制地控制音乐,为听众着想,在音响的现代性和先锋性上作适当妥协,否则便是浪费听众花钱购票所获得的时间。

米哈伊在《反思》中还写道:“就音乐而言,作曲家掌控着听众自己所花费的时间,这对作曲家而言,需有很强的责任心。这样的责任心意味着音乐既不能是纯粹地搞实验创作,但也不能消除所有的研究性元素。音乐应该始终提供有趣的、甚至新潮的主旨(或者说是宽尺度的,即使这个词非常时髦),同时保留可被听者接收的感知性。这一定是个不争的事实,尤其在作曲家试图寻找极端奇异与复杂事物的时候,一定存在某一个共同点,或是作曲家要与听众共同分享导向这个共同点的视角。”^①

综上所述,我假定相对于结构主义的现代派、表现主义的先锋派,或是解构主义的后现代派要么冷漠无情,要么诡秘怪异或支离破碎的音乐来说,作为处于后现代时期的频谱学派可被认为是20世纪下半叶各音乐流派之间的一个桥梁,是一种折中或理性的回归。它不只要回归到抽象冷漠的数理逻辑和结构主义,更重要的是回归音乐本体的认知心理和基于谐和理论的科学精神。因此,我们有足够的理由说它是序列主义、结构主义、电子音乐等先锋派音响实验音乐的浴火重生之涅槃。

涅槃——佛界所指的圆寂与重生,是精神的自我完满境界。“在此境界,贪、嗔、痴与以经验为根据的我亦已灭尽,达到寂静、安稳和常在。”^②

① *After Thought*; by Tristan Murail, *Contemporary Music Review*, 2000 Vol. 19, OPA N. VI

② 参见《高级汉语词典》的相关词条。

尾 声

从来就不存在先进的作曲技法,只有适用的技法,但不能没有技法,因为音乐不仅仅是一门艺术,它还是一门技艺。无论怎样的作曲技法必须被有才华的作曲家掌握并融入下意识、潜意识后,才能得心应手地发挥,才有可能创作出自己和他人都能满意的艺术作品。

1. 人主宰计算机的情感

计算机可以是“象棋高手”?在今天几乎已没有异议,但在计算机创作的乐曲“缺乏情感”这点上,专业音乐界一直是持否定态度的人占上风。“声音的振动次数、振动幅度、时值长短、组合的协和与不协和程度,由声波所包含的泛音数不同而引起的音色差异等,都是客观的物质存在。然而,如果仅仅把这些‘物理因素’加以‘科学组合’便称之为音乐,则不免把音乐所具有的特殊魅力变为僵死的、非人性的‘静物’。”^①的确,目前层出不穷的算法作曲程序创作的结果听上去不尽如人意,许多还只是个笑话,不仅没有感情,而且智商低下,更缺少情商。

有一点我们应该注意,那就是人的情感从麻木不仁到激情澎湃,其变化是千差万别的。情感是指人们情绪的变化过程与程度,多少具有专用仪器可检测的物质质量,只要有量变,计算机就可以完成对它的数据转换和再现。况且,计算机所做的一切工作都遵从具有感情的人的指令行事,条条指令均可折射出作曲家(程序设计者)的艺术观、人生观和世界观。另外,计算机算法作曲的结果可以是由音源设备直接输出的电子音响,也可以是由演奏家按计算机输出的乐谱

^① 赵晓生:《太极作曲系统》(新版),上海音乐出版社,2006。

进行的实时演奏。作为计算机输出的音响,则要求作曲家对音乐音响的想象力,与对 MIDI 技术、合成器演奏、音响设备操控等驾驭能力做到完美结合时,才能避免所制作音响的机械感;作为由演奏家实时演奏的乐谱,作曲家的计算机作曲水平固然重要,但演奏家的二度创作能力更为重要,作品的解释权属于他们。演奏家的文化底蕴、想象、理解和实现能力的强弱,将决定着一部音乐作品的艺术感染力,不在于作曲家的创作时所用的究竟是笔和纸,还是鼠标和键盘。当然也不在于作曲算法,算法的选择是由作曲家所掌控的。事实上,绝大多数演奏家还是乐于视奏计算机绘制的乐谱,但也确有少数指挥家、演奏家更乐意依据作曲家的手稿来表演,认为手稿谱会带有许多作曲家的性格特征信息,更有人性,更加容易与作曲家的心灵产生共鸣。

频谱作曲理念牵涉到许多细微的声音控制与大量的微分音使用,通过科学仪器和计算机控制发声显然更为有利。事实上,在许多频谱音乐作品中,电子音乐部分仍占有相当比重。就世界范围来看,可以说 20 世纪下半叶音乐界最具代表性的事件就是诞生了电子音乐和频谱学派。频谱音乐风格是一种妥协与回归,在充分享受科技成果的前提下,以开放的态度营造一种和谐、宽松的作曲环境,各种理性的、感性的、电子的、声学的、实验室的、音乐会的、交互式的实验性或应用性创作都可以展开,而且正在逐步做到无缝衔接。

算法作曲只是将计算机作为一个工具来看待。使用计算机文字处理系统写作出来的报告文学、小说或影视剧本,我们从来就未曾想到这些作品是否包含人的情感!因为我们知道,计算机所替代的只是作家手中的纸和笔。一个作曲大师富有情感和内涵的经典之作被一个初学乐器的人演奏得面目全非,更谈不上情感的表达,是常有的事。其责任肯定不在于作曲家使用什么工具来创作,也不在于演奏者使用真乐器还是电子设备来演奏。计算机音乐是否具备情感的关键在人不在物。

2. 计算机协助人的动作

“严格地说,音响美仅仅是感觉中的层面之一;感觉上还有‘其他层面,例如音乐体系中的音与音之间的关系,这种关系本来与音乐的深度结构(历史、文化、风格等等)相连通,但是它也具有纯感性形式的一面,并且这一面历来被‘形式自律论’所强调(但是与整体序列主义那种计算的、在理性上才完整的平面不同)。一旦音乐体系中的音与音之间的纯感性形式的一面被提取出来作为音乐的全部,那么它就成了感觉中的一个平面化的层面。现在,超越任何音乐体系

的音响美又占了感觉中的一个层面,而且也是平面性的。这个技术带来的维度本身深刻地反映了西方后现代社会机人关系的本质之一——享乐主义。现代技术应用的目的不仅是解放人力,而且是为人们提供享受,并且越来越注重后者。”^①

如果作曲者只能依靠计算机进行自动化或交互式的程序设计,却不能使程序做到有意识、有预期地控制音乐的结果,至少是部分有意义的结果,那就只能算作是一个音响游戏,不能也不必进入艺术的殿堂展示。现在有些玩计算机交互音乐的人津津乐道的是,如何将声音触发了、出声了、变形了,也就以为自己是作曲家了。那么,这些人玩的就是音乐吗?如果不是,那他们该退出吗?现实的回答往往具有讽刺意味。让艺术家大跌眼镜的是,网络时代的音乐殿堂谁都能进,不由一帮“精英们”说了算。在地球村里,网上点击率便是艺术创作的导航图、指南针。社会效益、经济效益的话语权早已不掌握在专家们的手中。进入后现代时期后,一直以来都有一种现象值得重视,那就是,越是业余者做事越是“专业”,做出来的东西越像大众所说的“艺术”,而专业人做出的东西却反而越来越玄乎,似乎不着边际,或是“太艺术”!

当一群庞克的“涂鸦”冒险行为在中国聚集起越来越高的人气并达到一定的水准时,无需专家们的认可,它便自动上升成为“艺术”,确切地说是一种技艺。那些能娴熟地运用结构模型(算法)的庞克们在作“涂鸦”时,为了躲避场地管理人员或保安,就不得不做好预案,反复演练,最终还须拿着油漆喷枪在预定现场进行闪电般的手工喷绘。其结果尽管看上去似曾相识,但在熟能生巧的情形下似乎也自然会有一定的艺术发挥。其人气,说明它有存在的价值、有市场;其水准,说明它有模式、有规格。据我了解,最近,国内居然还有一些知名的艺术院校正在酝酿将“涂鸦”列为一门课程,甚至设立一个专业。同理,无论你对计算机的频谱算法音乐是喜爱,还是不屑一顾,但如果能够驾轻就熟,仍然具有省时省力的优势和触发奇思妙想的无限可能。正如3D影像特技引入电影工业一样,无疑,它部分地抢走了特技替身演员的饭碗,因为它可以更加完美地做出更加惊险的特技动作,至少制片人会少付特技演员的出场费和保险费,但真正重要的是它创造了一个又一个的电影神话!所以,除了受连累的人外,较少有人会对数字特技指手画脚,说三道四。

^① 宋瑾:《西方音乐——从现代到后现代》,上海音乐出版社,2006。

计算机作曲是一把双刃剑,它在帮助作曲家“多快好省”地制造一批又一批的音乐产品时,一个潜在的危险越来越开始显现出来,那就是艺术的生态环境被破坏了,真正意义的“原创性”开始被扼杀,而且愈演愈烈。这一点不仅表现在音乐界,在其他行业、学科和学术界都是如此。艺术家、哲学家、政治家和企业家们都在不断地克隆自己,或像吸血鬼一样直接盗取他人精华“Ctrl + C”,再“Ctrl + V”。尽管有什么“遗传学”算法的支持,可使这种复制变得巧妙一些、隐晦一些、文明一些,但计算机系统不知疲倦地翻版出来的文艺产品又有多少原创价值呢?国外有位从事计算机软件开发的工程师在自己的网站上已经发布了五千多首“巴赫风格”和“肖邦风格”的自动算法作品供人下载试听。笔者在线听了好长时间,发现其中巴赫风格确实还有几分似曾相识的感觉,但一听肖邦就惨不忍睹了。一位钢琴家弹奏肖邦圆舞曲时的节奏一定不够准确,但这就是肖邦。一旦你需要这位钢琴家讲出到底哪些不准确是可遗传的,哪些不准确是必须避免的,其结果一定令人失望。即便大师也无法量化他本人的直觉和演奏状态,程序员也就更不可能编写出随情绪、时间和地点的不同而不同的情感随机表达的程序,充其量只是精准地模拟其中一次的所有演奏状态和参数,而这一演奏结果也就被互联网上的听众无限次地下载复制了。这种一成不变的表情参数和自动运算输出的结果还可以被认为是具有表情的吗?结论居然并不简单。其实,我们所反复欣赏的唱片即是如此,它无疑是大师某一次表演结果的记录,是含有表情的。同时,由于音乐相对于其他艺术门类而言较为抽象,其细节不易被彻底记忆,所以,我们可以乐此不疲地反复聆听。假如我们反复观看同一部故事片,很快便会厌烦;重复观看一部空中飞人的表演录像就会疲劳,因为它永远不会出错,我们不必因为关注演员的失手而感到紧张。

由此,引出一个重要的话题:感情到底可不可以被算法映射?我的答案是,可以!准确地说是“折射”,即在不同传播介质中变形的映射。其前提是,坐在计算机前的作曲家是否可以自如地操控机器如同操控自身肢体一般。小说中一个简单字句可以让人感动一辈子,前提是作者至少能识字,才有可能运用文字恰如其分地表达自己;获得一个抽象简捷的方程式会让一个数学家、物理学家或者化学家欣喜若狂,因为他们可能为此耗费了毕生的精力,等的就是这个结果;作曲大师乐谱中写下的一串串音符可让一个优秀指挥家在尚未奏响之时就已如痴如醉;而一个算法生成的乐曲理应具有同样的效应,条件是作曲者或编程者要有大师的思维和风范,计算机只是为你更快地实现梦想助有一臂之

力。当下你所看到本专著的这些文字和图片其实就是由笔者调动了计算机的一个个算法来实现的,你会觉得它一定没有感情吗?当然,比起使用毛笔书法来写作诚然有一定的人性化差距,可是你并不一定是为了欣赏书法而阅读。如果我们写一篇有关作曲技法的学术论文,你认为必须使用毛笔吗?你在创造听觉艺术作品时,难道一个听众能够从中听出手工谱曲的痕迹吗?这些道理想必那些坚持传统手写方式的作曲家也已思考良久,可至今还徘徊在十字街头。

问题的关键在于两个方面,一方面,科技所创造的工具必须有助于艺术家发挥想象力,而不是限制他们;另一方面,艺术家必须具备对工具熟练的驾驭能力,常言道,熟能生巧,妙笔生花。唯有如此,科学与艺术才能交流感情,才能联姻,才能创造出回馈这个世界的礼物——美妙音响的合成物——音乐。

3. 培养创新人才需要知识更新

对于中国乃至所有东方国家而言,专业作曲教学的理念、技术和体系几乎全部来自西方文化和俄罗斯文化,我们仅仅是在教学中、在作品中或多或少地加入了自己的文化观和审美诠释而已。音乐学院或是艺术学院作曲课的教学,20世纪五六十年代的学生必须学习前苏联的东西;七八十年代的我们,又增加了许多欧美的东西要学;而到了之后的二十年间,我们的学生(包括我们自己)却开始变得越来越没有什么东西可学了。我于1996年在《黄钟》杂志(武汉音乐学院学报)第三期上就曾撰文指出:“全世界的大学几乎都没有设置写作专业、小说专业或诗歌专业,充其量办一个培训班。但为什么会有作曲专业呢?贝多芬、肖邦或李斯特是作曲家还是演奏家?准确的说他们是音乐家。必须先 是音乐家,再当作曲家。现在国外许多的大学已经开始取消在本科阶段办指挥和作曲专业,就是这个道理。既然要办专业,就得有办学的条件和教学体系与内容。不幸的是,近20年来,国内许多院校音乐创作类的新课程开出严重不足,我们都在反刍20世纪80年代吃进的食物。现在的艺术家,尤其是作曲家吃不到新的草,也就挤不出新的奶,致使至少十年以来中国音乐的原创精神已经降到了有史以来的最低谷!”

就当前的作曲专业教学而言,五六十年代前苏联的教学体系仍未退出教学第一线,80年代的“新潮音乐”余波尚未平息,90年代处于文化资源的过度消耗状态,那21世纪的今天,我们面对求知欲很强的那些学生该怎么办呢?又有人说了,国外即便最新潮的频谱音乐也过时至少十年了,不用教了,所以我们也不用研究了,还是回到前辈们肯定会支持的苏俄“革命的现实主义与浪漫主义”作



曲体系吧！如果加上 20 世纪上半叶之前的印象派、现代派、序列主义和音级集合等技法，最多再加上一点随机拼贴、微复调技法等，就足以让学生学得没完没了。错误！办教育、办一个学科不能像做一笔买卖一样，卖得出去，有赚头就行。而是要有科学的教育理念，完整的课程体系、不断更新的教学内容和先进的教学手段。否则这个学科就没有基础，就该下马。

有相当一部分人以为，“算法作曲、频谱音乐的科技感太强了，而艺术创作是人脑的较量，不是电脑的竞争，对于文科出身的作曲学生不太容易学会，学了也没什么用”。那我要反问，为什么世界上绝大多数的中学生、大学生（不分文理科）都曾学习过线性代数、解析几何和微积分等，可能许多人在其工作岗位上从来就没有派上用场，为什么不取消它们呢？因为，这可是影响人一辈子处理大小事物的思维习惯和工作能量发挥效率的大事。我们的音乐艺术教育现状同西方发达国家相比，差距可能超过了四十年，仅仅与自身相比也至少落后了二十年。20 世纪 80 年代中期至今，我国的音乐艺术院校与我国的理工、医学、商贸、农林牧和国防军事等专业院校，还包括一些顶尖的文科和许多美术类院校的情形相比恰恰相反，这是一个信息爆炸的时代，科学技术突飞猛进的时代，新兴学科层出不穷，教学资源极大丰富且更新速度急剧提升的时代。如果与发达国家相比，我国科技的原始创新能力、文化产业的创意水平目前还不具竞争实力，原因之一就是教育上的急功近利所致。当前，许多学校都将人才市场需求作为人才培养模式改革的第一主导要件和依据，严重忽略了基础研究、基础教育、文理综合素质以及跨界、跨领域人才的培养模式与机制建立，今后二十年中国的软实力提升是今天的我们不可推卸的责任，培养创新人才迫切需要知识更新！

结 语

本文的重要学术发现与成果综述如下：

1. 考察了算法与作曲的关系

凡作曲即有算法，频谱作曲属于算法作曲的范畴，但并非真正意义的算法作曲；真正意义的作曲算法是基于数理逻辑的，且多数是基于计算机编程的自动生成方式；是各种可被描述的作曲技法与之映射的结果，是各种技法优胜劣汰后形成的相对稳定技法模型；自动生成的算法作曲方式一旦蔓延，将势必导致传统意义的“作曲专业”不复存在；尽管作曲行为不会消亡，但却变为程序设计者自娱自乐的音符游戏。

2. 比对了频谱与乐谱的映射

频谱作曲与常规作曲一样，几乎都是“有谱的”；只有微分音才能正确反映频谱音响的本质，所以谐音列构成的“和弦”和微分音在频谱音乐中占有特殊重要的地位；电子音乐和实验派器乐曲的记谱法既需要表明精准的演奏控制信息，又需要提供表征式图谱以供演奏者粗略地模拟发声过程；声谱图表达了随时间变化的连续频谱或 3D 频谱，可以呈现出音乐音响过程中的连续变化信息；频谱图只是反映出音质密度的波形横截面——音高和音色的点信息，不包含音乐的过程信息；而许多人误以为包含音乐过程信息的“波形图”只显示了音频信号中音量改变的振幅信息，故频谱图和波形图都不包含具有演奏指导意义的信息，但常用于表达已存在的音响信息。

3. 讨论了时间与空间的同构

频谱学派关注音色就必须关注单个音的频谱，这是频谱学派探索旅程的起点，通常也是终点；不再将音高与时间集成于一体，而是将“时间”看作是被附加

在音响材料之上的额外因素——“外部时间”；当声音被拆解之后，节奏的律动也就无所归依，故计算机算法作曲的节奏往往是自由拉伸或压缩的；音高（频域）与节奏（时域）是可相互类比的、转换的；当欣赏频谱音乐时，你可能会觉得是在“听”一幅画，或“看”一段音乐。

4. 论证了电子与音乐的类比

频谱作曲技法来自对电子声学技术的类比，并非直接使用电声技术；“乐器合成法”实则“配器法”，实际上是一种“类科学”；频谱音乐需要大量的计算，但多数仅局限在“算数级”之内；OpenMusic 程序是专为作曲家而设计的拼图游戏，将其视为一种通用的音乐演算平台更为贴切；作曲家只需具备一定的逻辑思维能力，不必懂得编程语言即可使用；OM 尽管是为频谱学派而设计，但绝不仅限于“频谱音乐”的创作。

5. 解析了材料与结构的拼图

多声部乐队音乐中的音与音之间的对位、滤波、调制、压扩而形成的周期性微扰现象可视作“次微复调”；乐音的谐音列被改造成为非谐音列后不等于噪音，它会产生非谐音频谱的新奇音色；虚拟基音必须处于微分音的体系之中，否则分不清哪个音属于哪个泛音列系统；使用矢量图形方式控制音高改变可近似地表达出作曲家似是而非的旋律或和声设计的大致轮廓；插值与渐变过渡是电子音乐和频谱音乐中最重要的音乐发展手段之一，既可作用于频域，又可作用于时域；任何音频都可以通过和弦序列分析器追踪到它们的分音，并经过多种滤波筛选办法可提取 MIDI 素材，这一点对于崇尚音响生态学的频谱作曲家来说非常重要。

6. 触发了人文与科技的谐波

计算机音乐是否具有情感，关键在人不在物。作为计算机演奏的音乐，要求作曲家的想象和对 MIDI 技术、合成器演奏、音响设备操控做到完美结合，才能避免所制作出的音乐出现机械感；作为由演奏家实时表演的音乐，作品本身的写作水平固然重要，但演奏家的二度创作更为重要，作品的解释权属于他们；演奏家的想象、理解和实现能力将决定音乐的感染力，不在于作曲家的创作是用笔和纸，还是用键盘和鼠标；算法作曲潜在的危险是真正意义的原创性被扼杀，艺术家、哲学家或政治家们都在不断地克隆自己，或像吸血鬼一样窃取他人精华。

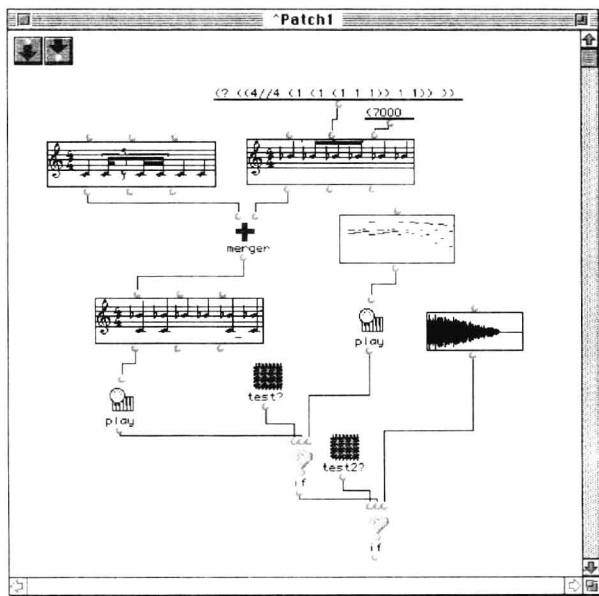
7. 阐释了先锋派与频谱学派的承传

频谱学派源于序列主义,故他们反先锋派的理念不可能与先锋派作完全的切割;他们既要重整音乐秩序、回归理性,又想做到系统开放、随机选择与自动演绎,提倡复风格、复文化并存;如果说先锋派达达主义主要是无机拼贴的后现代,那么“后后现代”的有机拼贴就是频谱学派;前者表现虚无,后者出于实用。频谱学派可被认为是各音乐流派之间的一个桥梁;是一种折中或理性的回归,它回归到了音乐本体的认知心理和基于谐和理论的科学精神;也可被认为是序列音乐、结构主义、电子音乐等先锋派实验音乐的圆寂与重生。

附录 OpenMusic 重要算法概念释疑^①

1. 拼图(Patches)

拼图(Patch)是 OpenMusic 面向对象编程(OOP)的基本单元。在拼图(Patch)中,通过创建流程图,来图示化地描述 LISP 代码,从而实现特定的功能。用拼图(Patch)可以来做搭积木式的编程,其中主要用到的拼图(Patch)是“函数”(functions)和“类”(classes),其他的“对象”(Objects)可能很少被用到。



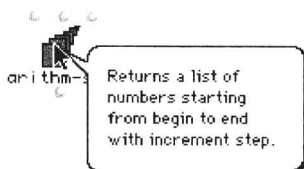
^① OpenMusic Manual(用户手册),IRCAM 编写,徐真德译。

上图中,我们可以看到一个 Patch 中的可能存在的材料,其中有:OM 图示化的音乐对象,OM“函数”,如合并(merger)、播放(play)等。一些数值,如 7000 以及上方的“节奏树”,图示化的外部 MIDI 与声音文件,此外还有一些其他 Patch,如 test? 和 test2?。

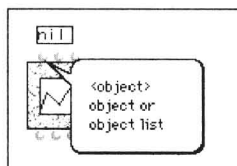
2. 内嵌帮助文件

OpenMusic 中通常有四种“使用帮助”形式。

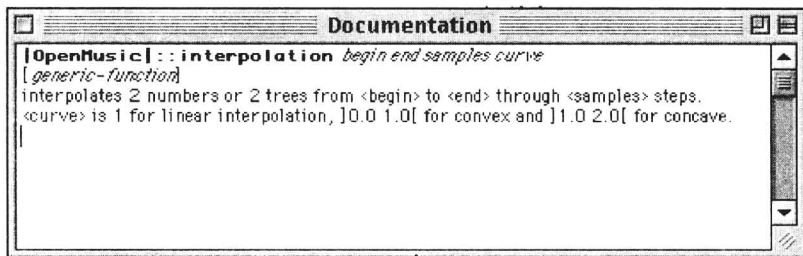
第一种是“弹出式”的帮助提示。只要按 Cmd 单击任何一个对象或对象的输入输出处即会显示。关于对象的相关描述如下:



单击输入输出端时,会显示相应的名称,并同时显示输入数据类型的描述(如果此信息存在才会被显示)。



第二种类型的“帮助”是相对更为完整的说明文档。选中对象后按 d 键,即可弹出相应的说明文档。例如:

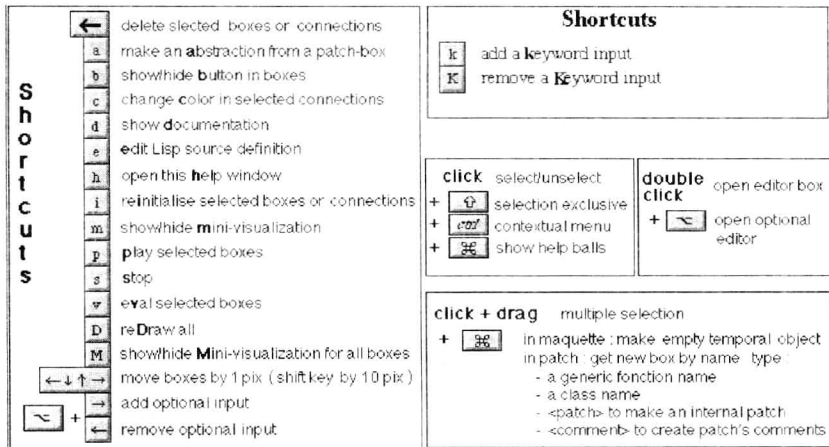


注:这些内嵌的帮助文档通常具有不确定性。但最终会与此最新的“使用指南”上的信息一致。目前,你可能只得到“输入”端的一些名称,可能可以看到想要的相关信息(但有可

能是法语或其他语言显示的),也有可能什么也看不到。如果得不到所想要的帮助信息,请查阅此“使用指南”。

第三种帮助信息窗口适用于不能被选中的对象,此时按 cmd-i 调用帮助。

最后,在 Patch 窗口下,可以使用一些常用功能的快捷键,如按小写 h 亦可调出帮助提示信息。注意:这些快捷键有大小写之分,如 M 和 m 是不同的快捷键。如遇错误,务必检查 Capslock 键有无关闭。

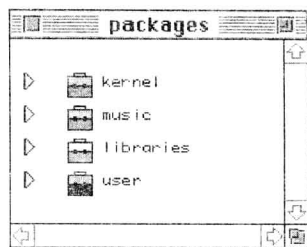


3. 工具包(Packages)

Package 文件夹用来存放 OM“函数定义”(function definitions)、“类定义”(class definitions)以及“类”(classes)。“类”指新“对象”创建后的模型。“函数”指用“类”实现的操作。“类”和“函数”都有相应的图标显示,使用时只需从 Package 文件夹中拖出到工作区域。

Package 的概念源于 Java 程序语言。它是 OM 相关函数集存储的地方。Package 的工具箱形图标有两部分组成,其上半部分的浅色区域和下半部分的深色区域分别可以链接向该 Package 的不同功能。Package 允许存在“子 Package”(subpackages)。可以在“用户级 Package”下再创建“子 Package”,并写入自己的“类”和“函数”。

在 OM 中,虽然 Package 的数量没有限制,但每一个 Package 文件夹下至少有四种基本 Package,它们是:kernel(内核),music(音乐),libraries(库)以及 user(用户)。双击以打开 Package 文件夹。

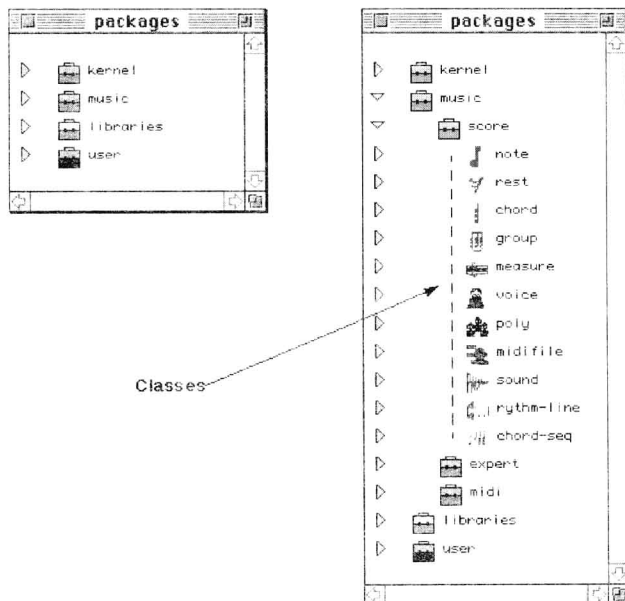


Kernel(内核)中存储的是基于 LISP 核心语言的“函数定义”和“类定义”。OpenMusic 基于此内核构建。其中包含数据类型、用以数学运算的函数、基本数据处理以及 list 列表管理。

Music(音乐)中,存有一些 OM 特定的“函数”与“类”,尤其是存有基于这些“函数”与“类”的可演奏的音乐“对象”与“函数”。

Libraries(库)中存有 OM 中任何与“库”相关的“函数”与“类”。“库”是“类定义”与“函数定义”整合的独立模块。在调用“库”中的“函数”和“类”时,双击 libraries 工具箱图标的一半部分先加载,这样打开工具箱之后可以看到相关的内容。

User(用户)中存放用户自己创建的“函数”与“类”。点击其图标左方的箭头或者双击 package 工具箱图标下半部分的深色区域即可浏览其中存有的相关内容。



4. 全局类数据(Globals)

Globals 和 Packages 一样,是工作区域内的两大特殊文件夹之一,无法删除。在 Globals 文件夹中存放着与 paches 共享的变体形数据(尤其是“类”)。Globals 是 OM 程序高端的部分。

5. 数据类型(Data Types)

“数据类型”是 OM 中的重要概念。OM 的“函数”与“类”输入端只能接收特定的数据类型。譬如,如果给 Note(音符)对象的 midic(MIDI 代码)输入端送入 midic 列表,即会产生错误。由于 midic 的输入端只能接受数值,而列表并非数值。有些“对象”的输入端可以接受多种数据类型,其内部用特定的“方法”来处理具体某一种数据类型。

“数据类型”的概念与“类”的概念有一定的关联和交叠。“类”用来定义数据结构,它本身用多种“数据类型”组织成产生“对象”的模块。譬如,Note 这个“类”,包含有音符的音高、音量以及 MIDI 通道等信息,这些信息的集合组成“类定义”。当“函数”或者其他“类”用此“类”放到输入端时,这个“类”就成了“数据类型”的身份。事实上,有些 OM“函数”仅仅接受 OM“对象”的“类”作为其数据类型。

6. 节奏树(Rhythm Tree)

“节奏树”是用来表示节奏结构的一种特殊的嵌套式列表数据,尤其用在 Voice 对象上。节奏树源于 LISP 语言本身的结构,它用一系列的嵌套式列表来表示出传统音乐记谱法的节奏型。

节奏树的优点是它能够用数字的形式来表示节奏,不像传统节奏记谱那样需要小节分组、分拍、分音符。节奏树的列表是特殊的嵌套型,举例来说,它与 Chord-seq 对象中的简单列表形式不同(只有出发与持续时间)。

使用节奏树的缺点是它过于符号化,虽然有利于计算机做数据处理,但缺乏人性。使用时,可能会用到大量圆括号来做嵌套,以至于看花眼。所以,要用好节奏树,就必须对它的结构很好地掌握。

7. 节奏树的结构

节奏树嵌套式列表的基本列表形式是(D S),其中:

- D 指表示音符相对持续时间的量;
- S 指用来分割持续量 D 的一个列表项目。

S 可以只是一个数字,也可以是又一个(D S)形式的子列表。

D表示的实际音符持续时间取决于它所在列表中的具体的那个嵌套层。在最高嵌套层,它的基本单位看做一个全音符。

因此, (1 (1 1 1 1))

表示,持续音总时值为1个全音符,平均分成四等分,即表示了4个四分之一音符的节奏。

与之类似, (2 ((1 (1 1 1 1)) (1 (1 1 1 1))))

这个结构表示有2个全音符,这2个全音符被平均分成2个音,每1个音又平均分成4份,因此,它可以看成4/4拍,2小节,每一小节有4个四分音符。

如前所述,D值的单位是一个全音符。位于节奏树第一层的那些子列表表示不同的小节,D在这些小节层里时,其基本单位仍然是1个全音符,但这时通常会把D写成传统拍号的形式。可以写成:

4/4 7/8 5/2

或者写成:

(4 4) (7 8) (5 2)

注意:用这种方法写成的拍号值会被LISP语言做自动数值计算,如4/4会约分成1。为了避免此情况发生,可在拍好两数字之间写双划线:

4//4 7//8 5//2

或者写成圆括号形式的列表。

如果嵌套层多的话,在节奏树列表的首层的D值很难人工计算出来。那么,这个首层的D值可以用西文的“?”来代替(仅对首层有效),OM会自动识别计算出这个D值。前述的例子可以写成:

(? ((1 (1 1 1 1)) (1 (1 1 1 1))))

例:

(1 (1 1 1 1 1))

这样单独一组数据,如果在节奏树首层,则表示四分音符的五连音。当然,这组数据列表可以替代掉整个列表中的任何一级列表,那么,在那些子列表层中,最小音符单位就不一定是四分音符了。

(? ((4//4 (1 (1 (1 -2 1 1)) 1.0 1)) (4//4 (1.0 (1 (1 1 1)) -1 1))))

在这其中有一些负数和带小数点的浮点数,负数表示休止,浮点数表示与前一音符连线。五个嵌套层的具体的含义如下:列表(1 -2 1 1)表示一个四分音符被平均分成五份(注意到列表内数值的绝对值相加为5),第二组四分音符

时值与第三组的四分音符时值将被用连线捆绑成连音,其中要注意 2 之前的负号,代表休止。

经过分析,上述节奏树写成传统乐谱的节奏如下:



8. 函数(Function)

OM 函数可能对多种数据类型均响应。譬如, `om +`, 一个数值 `om +` 一个列表, 得到的结果是, 列表中的每一个元素都加上这个数值。当然, 如果仅仅是两个数值做 `om +`, 那么结果就是两个数值简单相加做代数和。OM 究竟为何知道改如何操作?

9. 函数与方法(Function and Method)

其实, 在函数 `om +` 之内包含了一系列的“子函数”, 这些子函数称作“方法”。方法也就是一系列的特殊指令, 这些指令用来处理此函数不同的数据类型组合。当用 `om +` 把列表与数值相加时, `om +` 函数自动调用将列表与数值相加的方法。双击函数图标可以看到它支持的所有方法。如果该函数找不到相应的方法来处理我们给定的数据类型, 即会出错。

如果一个函数包含有针对不同数据类型的方法, 那么这个函数叫做“通用函数”。所有的 OM 函数都是通用函数。采用通用函数具有很大的好处, 同一个函数名, 在一个大概念下, 我们可以更人性化地处理广泛的数据类型。定义 OM 函数时, 只需要定义函数名, 实际操作的那些函数图形化的操控界面均为方法。OM 函数的值夜可以是多样化的。这就意味着, 函数可以生成不止一个结果。在那些具有多输出端的函数或者类的图标上, 这种多值性能够得到体现。

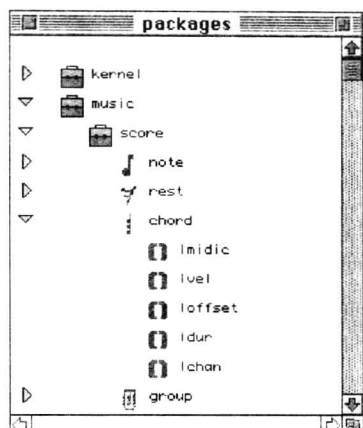
10. 类、样类、工厂(Classes, Instances and Factories)

Class(类)是面向对象编程语言的重要概念。“类”是某一种“对象”抽象的原始模型。“类”是数据结构的定义。它把任何数量的数据项目规整到单一的对象内。OM 中的“类”有整形数(integers)、浮点数(floats)、列表(lists)、和弦(Chords)、声音(Voices)等等。

11. 类定义(Class Definitions)

OM 类定义存于工作区的 Package 文件夹下。单击 Package 名左侧的小箭

头可展查看。这些类在 OM 中分类存储,LISP 函数位于 Kernel(内核),大多数音乐相关的对象存于 Music(音乐)Package 的 Score(乐谱),如下图:



在上图中可以清晰地看到“类”的具体结构。上例中的 Chord,又包含了一组数据(lmidic、lvel 等),这其每一个数据存储的位置叫做一个插槽(Slot)。

12. 插槽(Slots)

插槽是“类”的内在组成部分。如上例中 Chord 展开后,能看到以下插槽:lmidic(midi 音分,表示音高),lvel(力度),loffset(释放键),ldur(时值),lchan(通道)。每个插槽左侧均有一个小图标暗示其数据类型。注意,这些数据类型的图标均来自 Kernel:lisp Package 的类。

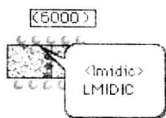
13. 工厂和样类(Factories and Instances)

我们可以从工作区拖动“类”图标到拼图窗口,或者直接输入“类”的名称调用此“类”,这样所创建的东西就叫做“工厂盒”。“类”是数据结构的定义,不是数据结构本身。当评价测试“工厂”时,所创建的数据结构是隶属于其“类定义”的。这个数据结构叫做属于该“类”的“样类”(Instance)。拼图窗口的迷你视图模式(mini-visualization mode)下,选中“工厂”图标后按 m 激活后,可以看见工厂图标的内部结构。

14. 输入和输出(Ins and Outs)

拼图窗口中的“工厂盒”具有相同数量的“输入”和“输出”。第一组输入输出(最左侧的)通常叫做 self(自身)。Self 代表了包含有所有“插槽”的整个“对象”。评价测试 self 便产生一个“样类”。其他“输入”和“输出”与“类定义”所定义的“类”的具体“插槽”有关。这里,拖动 Chord(和弦)图标至拼图窗

口,这样便创建了一个 Chord 工厂。



上图中,弹出的是第二个输入口的提示框,Imidic(表示音高的 MIDI 音分)。当评测这个“类”时,这个类的输入口均会被评价测试,并且又会产生属于这个“类”的一个“样类”。如果现有数据被接入输入口,那么此数据也会在样类中使用,且会提供正确的数据类型。如果输入口留空,输入口即使用默认值。当鼠标放置于工厂图标的输入口时,提示框会显示相应的“插槽”名称和其默认值(上例中,Chord 工厂的第二个输入口对应的插槽是 Imidic,默认值是 6000)。单击该输入口可以更改掉此默认输入值。新的默认值对这个工厂将来的所有样类均起效。如果此后又有数据接入这个输入口,以接入的数据为准,默认值将不起作用。

大多数的“类”都有 self 这个输入输出口。当需要一次性设定这些端口的默认值,或者连接所有输入输出口到其他对象的相应端口上时,只需要在 self 这一组输入输出口上操作即可,这样编组式的操作可以简化工作。如果遇到同时既要连接 self,又要连接其他插槽的情况,数据以 self 端口的为准,其他插槽的值会被忽略。所以,在需要使用其他输入口时,self 端口必须处于断开连接状态。Self 输入口可以接入一整个对象,此对象可以是与之类型相同的工厂,也可以是这个类的继承。

15. 继承(Inheritance)

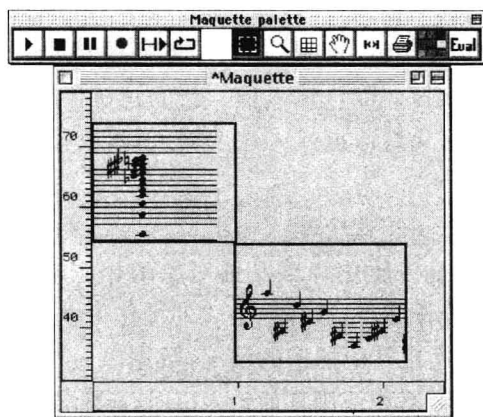
“继承”是面向对象编程语言中“类”特有的性质。举例来说,假设有两个类,出版物和书本。“类”——出版物,可能具有如页码、编辑人员等插槽(slots),而“类”——书刊,一定具有页数且均已出版。但是,书可能仅有单一作者。有了“继承”之后,如果需要定义“书本”,就不需要从头开始定义编辑器、页码等,而只需从“出版物”那继承、派生并加以修改即可。

书本除了具有出版物所有相同的插槽之外,还多一项插槽——“作者”。其他形式的刊物(如宣传册、杂志)也可从先出版物来继承共有的插槽,随后再加上一些其特有的插槽。有了“继承”功能之后使得编程更具逻辑性,也更易编写。

在 OM 中,“继承”可让工作化繁为简。OM 音乐工厂图标可以直接通过其他“类”的 self 输入接口来接收数据。例如:Note(音符)的 self 输出端可以直接应用插在 Chord(和弦)的 self 输入端。这样的化,由于 Chord 知道该如何处理音符,因此就能产生包含此音符的和弦。与之类似,一个 Note 列表对象也可以成为 Chord 的输入。

16. 模型包(Maquettes)

“模型包”(Maquette)是包含有时间元素的特殊容器。在模型包中既可以放置任意音乐对象,又能够放置一种叫做“瞬时盒”(Temporalbox)的特殊对象。在“瞬时盒”中又能包含其他“拼图”甚至是其他次级的“模型包”。



任何 OM 可播放的音乐对象均能被放入“模型”中,它们可以使 MIDI 文件、AIFF 音频文件或者其他“模型”。当这些对象放入“模型”中后,会在一个个方框内显示,并排列成一定的框架结构。双击这些方框可以打开以编辑其相关内容。当“拼图”放入“模型”中后,会自动被封装在一个叫做“瞬时盒”的特殊对象中。因为“模型”是一个时域容器,其 x 轴表示时间,被放入的对象会按着 x 轴的顺序播放。如果“模型”中放置的对象是“拼图”(自动被封装在“瞬时盒”中),这个“拼图”在“模型”中会有两个重要数据——所放置的位置和框架结构下的形状,这两个数值用来改变“拼图”在“模型”中的具体运行方式;而这些信息的值会进入“瞬时盒”,再从其 self 输出口输出。我们也可以自己再创建“瞬时盒”的其他输入输出口,用来传输其他数据。

最后,“模型”的输出可以用“save-as-midi”命令直接存储为 MIDI 文件。

17. 可接受的类型

一个“模型”对象可以包含任意数量的一下对象：

- AIFF 音频文件
- MIDI 文件
- 拼图 Patch
- 其他“模型”
- 任何可播放的工厂（特别是 score 乐谱“类”）
- 窗口中的可适用于“模型”对象的“类”图标（工厂也是如此）
- “拼图”内创建的“变体型”数据。（通过 shift-option-单击拼图得到）“变体型”数据必须产自上述提及的对象之一。

18. 在模型中添加对象

可以通过以下四种方式在“模型”中添加对象：

（1）直接从 Finder 资源管理器、Workspace 工作区文件夹或者 Package 文件夹下把相应的对象拖入

（2）创建空“瞬时盒”可以在“模型”框架下，激活“Select 选择”工具，通过按住 command 键拖动一个方框来实现。

（3）在拼图 Patch 窗口中，把对象接入“模型”图标的输入口，亦可对“模型”添加对象：



“模型”图标的第二个输入口用以接收插入“模型”中的相应对象列表。第一个输入口用来接收触发列表 (Onsets)，以零点为原点、毫秒为时间单位，用来决定从第二个输入口输入的对象被放置在“模型”中的时间轴的具体位置。如果触发列表数量与被插入的对象列表数量不一致，那么触发列表最后两个元素的数值插用来决定剩余对象的放置间距。

（4）在“模型”图标的相对模式下，使用 `addbox2 maquette` 函数。

19. 模型框架

“模型”中的 x 轴的刻度表示时间，标称单位是秒。而 y 轴的值是任意的，它用来以多种方式控制“瞬时盒”对象。拖动坐标轴的标尺可以缩放度量衡。“瞬时盒”与其他对象彩色方框的形式表示。拖动这些方框右下角可以修改缩

放方框的大小尺寸。选中“瞬时盒”，按 m 键可以呈现其中的具体内容。在方框上双击，可以打开相应的编辑器，如果遇到拼图框，则打开拼图窗口。在框架窗口中，按住 option 键双击，直接跳至连到该框架中拼图输出口的音乐对象。

参考文献

1. 中文参考文献

[1] 杨立青:《乐思·乐风——杨立青音乐文集》,上海音乐学院出版社,2007。

[2] [德]瓦尔特·基泽勒:《20世纪音乐的和声技法》,杨立青译,上海音乐学院出版社,2006。

[3] 唐·杰·格劳特、克劳德·帕利斯卡:《西方音乐史》,汪启璋等译,人民音乐出版社,1999。

[4] 伊格尔顿(Terry Eagleton,英国文学理论家):《后现代主义的幻象》(*Illusions of Postmodernism*),2005。

[5] 冯寅、周昌乐:《算法作曲的研究进展》(*Journal of Software*),2006。

[6] 王次炤:《音乐美学新论》,中央音乐学院出版社,2005。

[7] 赵宋光:《美学原理受人类学本体论洗礼之后》,载《赵宋光文集》第一卷,花城出版社,2001。

[8] 赵晓生:《太极作曲系统》(新版),上海音乐出版社,2006。

[9] 宋瑾:《西方音乐:从现代到后现代》,上海音乐出版社,2006。

[10] 彭志敏:《新音乐作品分析教程》,湖南文艺出版社,2004。

[11] 韩宝强:《音的历程·现代音乐声学导论》,中国文联出版社,2003。

[12] 黄枕宇、谷东:《20世纪音乐概述》,载《中国音乐教育》,2000年第1期。

[13] 张小夫:《具体音乐给我们的启示》,摘自中国电子音乐学会 EMac 网站,2009。

- [14] 章朝盛:《Gerard Grisey 与频谱音乐》,摘自中国音乐学网站,2009。
- [15] 岛子:《后现代主义艺术谱系》(上卷第3章),重庆出版社,2007年。
- [16] 李春芳:《加法合成技术原理概述》,摘自 <http://www.uaudio.cn>,2009。
- [17] 李春芳:《频率调制(FM)合成技术》,摘自 <http://www.uaudio.cn>,2009。
- [18] 黄欣、董军:《基于经验的计算机作曲方法的研究与实现》,载《心智与计算》,2007年第2期。
- [19] 雷金纳德·史密斯·布林德尔:《新音乐:1945年以来的先锋派》,黄枕宇译,人民音乐出版社,2001。
- [20] 袁荫棠:《概率论与数理统计》,中国人民大学出版社,2008。
- [21] 陶辛:《计算机音乐思维研究》(一),载《音乐艺术》,2001年第4期。
- [22] 刘健:《算法作曲及分层结构控制》,载《黄钟》,2003年第2期。
- [23] 张英俐等:《遗传算法在作曲中的应用》,载《计算机应用研究》,2005年11期。
- [24] 余立功等:《基于内外概率算法的音乐节奏自动生成》,载《浙江大学学报》,2005年第12期。

2. 外文参考文献

- [1] Gerard Grisey, "Did You Say Spectral?", *Contemporary Music Review*, 2000, 19, 2000 OPA.
- [2] Francois Rose, *Perspectives of New Music*, Vol. 34, No. 2.
- [3] Tristan Murail, "After Thought", *Contemporary Music Review*, 2000 Vol.19, OPA N. VI.
- [4] Carlos Agon, Gérard Assayag, Olivier Delerue, Camilo Rueda. "Objects, Time and Constraints in OpenMusic", *Proceedings of the ICMC 98*, Ann Arbor, Michigan, 1998.
- [5] G. Assayag, M. Castellengo, C. Malherbe, "Functional integration of complex instrumental sounds in music writing", *Proceedings of the ICMC 85*, 1985.
- [6] Castagna Giuseppe, "Foundations of Object-oriented programming", *Workshop at ETAPS '98*, Lisboa, 1998.

- [7] Marc Chemillier, "Analysis and Computer Reconstruction of a Musical Fragment of György Ligeti's *Melodien*", *ISMM Bucarest* (Romania), 1994.
- [8] Francis Courtot, *Entre le décomposé et l'incomposable. Les cahiers de l'Ircam* 1(3) . Paris juin 1993.
- [9] Lejaren Hiller. *Music composed with computers. In Music by computers*, Heinz von Foerster col. J. Wiley & sons Ed. New York, 1969.
- [10] G. M. König. "Emploi des programmes d'ordinateur dans la création musicale", *Dans Revue Musicale* No. 268 – 269, Paris, 1971.
- [11] Laurson M. *PATCHWORK: A Visual Programming Language and some Musical Applications*. (PhD Thesis, Sibelius Academy), Helsinki, 1996.
- [12] Tristan Murail, "The Revolution of Complex Sounds" (translated by Joshua Cody), *Contemporary Music Review*, Vol. 24, No. 2/3, April/June 2005.
- [13] François Pachet, "The MusES system: an environment for experimenting with knowledge representation techniques in tonal harmony", *First Brazilian Symposium on Computer Music, SBC&M '94*, August 3 – 4, Caxambu, Minas Gerais, Brazil, pp. 195 – 201, 1994.
- [14] Stephen Pope. *Introduction to MODE : The Musical Object Development Environment*. S. T. Pope ed. MIT Press. Boston, 1991.
- [15] V. Pratt, "The Duality of Time and Information", *Proceedings of CONCUR'92*. Springer-Verlag, New York, 1992.
- [16] Xavier Rodet et Pierre Cointe, "FORMES Composition et ordonnancement de processus", *Rapports de recherche* No 36, Ircam, Paris, 1985.
- [17] Camilo Rueda, Mikael Laurson, Georges Bloch, Gérard Assayag, "Integrating Constraint Programming in Visual Musical Composition Languages", *Workshop W4, Constraint techniques for artistic applications*, ECAI '98, Brighton, 1998.
- [18] Camilo Rueda, Frank Valencia, "Improving forward checking with delayed evaluation", *In proceedings of CLEI'97*, Santiago, Chile, 1997.

- [19] H. Taube, "Common music: A music composition language in Common Lisp and CLOS", *Computer Music Journal*, 15(2), MIT Press.
- [20] I. Xenakis, *Musiques formelles*. Stock Musique, Paris, 1981.
- [21] Wallace T. Berry, *Structural Functions in Music*, Dover Publications Inc., 1987.

后 记

这篇后记我酝酿了很久,完成它不亚于完成这本专著的写作。太长的思绪想要沉淀,太多的感想需要表达,一时竟无语凝咽。

选择这样一个有些艰深的带有相当科技含量的课题作为当代作曲技法研究的对象,是我一直以来的心愿,尽管它对我将意味着一个巨大的挑战!出于对计算机辅助作曲领域多年的兴趣、探索与钻研,使我仍然义无反顾地投入到这个在国内尚有些生僻的研究领域。“古之立大事者,不惟有超世之才,亦必有坚忍不拔之志。”(苏轼语)我认为,一个在学术领域从事高级研究的人,不应该回避或推卸自己的使命,应该有责任推进国外前沿学科在我国发展的进程,同时也必须完成对个人能力的超越。

感谢杨立青教授曾给予这本专著很多重要的意见和建议,使我常常能领悟到学者的严谨,智者的独到;在朝夕相处的工作和学习中,自己还不断从前辈、同仁的真知灼见中得到提升;在我周围还有很多朋友、同事给予我点点滴滴的关心,使我能脚踏实地地展一番拳脚,拓一片疆域,成一件事业。每一个环节都有可能得到不同人的帮助,恕我没有在此一一列出,但这种谢意将永远铭记在我心深处。

我还特别要感谢我的妻子龚晓婷女士始终默默地支持我,给予我信任和鼓励,为我作出了大量牺牲,这种精神慰藉使我能心无旁骛地投入教学和科研工作。我将加倍珍惜我现在拥有的一切,回馈我爱的人,这将是我一生追寻的幸福所在!

这篇学术专著的写作凝结着我多年的心血,个中艰辛不一而足,每一个数据、每一个图表、每一个参数的论证都得来不易。有时为一个论点要反复推敲、

比较,时而为某一次微小的斩获而雀跃,时而又为几天来的无功而返感到沮丧。多少次的挑灯夜战,多少次的从黑夜到黎明……但我仍对自己的选择无怨无悔。对于计算机算法作曲领域的研究,尽管我已经开始了不少年头,但至今仍然还有很多的未解之谜,这也是鞭策我毕生钻研下去的动力。

前方的路很长,很远,我将锲而不舍地一路前行。我坚信,只要心中有爱,就没有逾越不了的沟壑、战胜不了的困难!

吴粤北

2009年10月于北京

ISBN 978-7-80692-621-5



9 787806 926215 >

定价：32.00元